Zur Kenntnis der Morphologie und Biologie von *Trogoderma angustum* [Solier, 1849] (Coleoptera: Dermestidae)

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Eckhard Philipp
aus Königsberg

1968

1. Referent: Prof. Dr. Kemper
2. Referent: Prof. Dr. Peus
Tage der mündlichen Prüfung: 1. 12. bis 7. 12. 1967

Tag der Promotion: 2. JULI 1968

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Veröffentlicht in Zeitschrift für angewandte Zoologie, 2. Heft 1968
Verlag Duncker & Humblot, Berlin

(Aus dem Bundesgesundheitsamt, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Biologische Abteilung, Berlin-Dahlem)

Zur Kenntnis der Morphologie und Biologie von *Trogoderma angustum* Solier, 1849 (Coleoptera: Dermestidae)*

Von Eckhard Philipp

(Mit 24 Abbildungen)

Einleitung

a) Geographische Herkunft und Ausbreitung von *Trogoderma angustum* mit Angabe der bisherigen Fundstellen

Solier (1849) hat den Käfer unter dem Namen *Eurhopalus angustus* aus Chile beschrieben. Als Fundorte gibt er Copiapo (ungefähr 27° s. Br. und 70,5° w. L.) und Santa Rosa (ungefähr 38° s. Br. und 72,5° w. L.) an. *Eurhopalus* wurde dann später durch den von Berthold (1827) aufgestellten Gattungsnamen *Trogoderma* ersetzt.

Diese in Südamerika heimische Käferart wurde in den letzten 40 Jahren nach Nordamerika und Europa (Deutschland) eingeschleppt.

Beal (1954) gibt zusammenfassend für Nordamerika folgende Funde an: 1926—1927 nach F. E. Pomeroy im Museum von Lewiston im Staate Maine und 1945 nach R. M. Schuster in einem Weizenlager in Ithaca im Staate New York. Ferner wurden einige Exemplare in einer Insektensammlung gefunden, welche die Kalifornische Akademie der Wissenschaften kurz vorher aus Chile erworben hatte. Bis 1960 ist nach R. S. Beal jr. (1960) kein weiterer Fund bekannt geworden. Man kann daher annehmen, daß sich die Art in Nordamerika nicht akklimatisiert hat. In Europa wurden Stücke dieser Art erstmals während der Jahre 1921—1924 im Stettiner Zoologischen Museum gefunden und von Heymes als *Globicornis picta* Küst. fehldeterminiert. (Kleine, 1940).

* Herrn Prof. Dr. Heinrich Kemper, meinem hochgeschätzten Lehrer, möchte ich für die Überlassung des Themas dieser Dissertationsarbeit sowie für die Beratung und die ständige Förderung meiner Arbeit herzlich danken. Dank schulde ich ferner Frau Dr. Döhring und auch dem Bundesgesundheitsamt, das mir in der biologischen Abteilung des Instituts für Wasser-, Boden-, Lufthygiene einen Arbeitsplatz zur Verfügung gestellt hat.

Mroczkowski (1956) stellte diesen Irrtum richtig. In 4 Jahren wurden in Stettin insgesamt 34 Käfer und 6 Larven eingesammelt, allein im Juni 1922 24 Käfer und die 6 Larven (Mroczkowski, 1956). Am 31. 7. 1937 wurde ein Exemplar von F. Borchmann in Hamburg-Volksdorf gefangen und als *Attagenus bifasciatus* bestimmt. Die näheren Fundumstände sind nicht bekannt. Das in der Sammlung des Hamburger Zoologischen Museums aufbewahrte Belegexemplar wurde von Mroczkowski (1963) als *Trogoderma angustum* (Sol.) determiniert.

Für Berlin wurde der Käfer erstmals 1931 (1 Ex.) von Englert in Berlin-Halensee nachgewiesen. 1938 und 1940 fand er weitere 3 Exemplare (nach Neresheimer und Wagner, 1942) in einer Wohnung und in einem Garten auf Spiräenblüten.

Diese ersten in Berlin gesammelten Exemplare, gefunden zwischen April und September, wurden bestimmt als *Pseudomegatoma boliviensis* Pic.

Horion (1960), Korge (1957, 1958, 1961) und Schmidt (1960) sahen ebenfalls alle diese bisher in Berlin gefangenen Exemplare als *Pseudomegatoma boliviensis* an. Spätere Untersuchungen durch Mroczkowski (1960) zeigten, daß diese Exemplare zur Art *Trogoderma angustum* Sol. gestellt werden mußten. Mroczkowski (1960) schreibt: „Da diese Stücke aber in jeder Hinsicht der Beschreibung der *Pseudomegatoma boliviensis* Pic 1915 entsprechen, Pic auch selbst die ersten Berliner Stücke zu seiner Art gestellt hat, ziehe ich Art- und Gattungsnamen als Synonyme zu *Trogoderma angustum* Sol. ein."

Zwischen den von Mroczkowski (1960) untersuchten Käfern befanden sich auch zwei Exemplare vom 10. 7. 1938 aus dem Berliner Zoologischen Museum. Eine der letzten Berliner Fundstellen dürfte die von Döhring & Kemper (1963) veröffentlichte in Berlin-Steglitz sein. Im Sommer 1965 erhielt Weidner (1965) adulte Tiere von *Trogoderma angustum* aus einer Hamburger Firma. Die Tiere waren an den Fenstern von Räumen aufgetreten, in denen diese Firma Musterpackungen von Trockensuppen aufbewahrte, deren Lagerfähigkeit sie prüfen wollte. Mehrere dieser Musterpäckchen, die getrocknetes Fleisch und verschiedene Gemüsearten enthielten, wurden untersucht. Sie waren stark von Larven befallen.

Frey (1966) berichtet über ein ähnliches Auftreten von *Trogoderma angustum* im April 1957 in einem Musterlager, in dem Kartoffel- und Trockenmilchproben aus verschiedenen Berliner Großlagern gesammelt wurden. Auch hier fand man die Larven in den Produkten, während die Käfer vor allem an den Fenstern der Lagerräume zu beobachten waren. Frey vermutet, daß die Substanzen erst am Fundort, also im Musterlager, befallen wurden.

Abgesehen von einem Exemplar, das 1959 in einem Sommerhaus in Korpo, Finnland (Wegelius, 1965) gefunden wurde, erbrachte die mir bekannt gewordene Literatur weder aus Deutschland noch aus dem übrigen Europa weitere Fundmeldungen.

Mit Sicherheit kann nur Berlin als der bisher einzige Ort in Europa gelten, an dem diese Käferart über Jahrzehnte hinweg festen Fuß gefaßt hat.

b) Beschreibung der neuesten Fundorte in Berlin

In den Jahren 1962—1966 konnte Verfasser eine Reihe von Wohnungen besichtigen, deren Besitzer einen Käferbefall gemeldet hatten. Einige der Fälle seien hier kurz beschrieben.

Der stärkste Befall wurde aus einem Haus in Berlin-Kladow gemeldet, das zu einer aus finnischen Reihenhäusern bestehenden Siedlung gehört. Ende 1963 überbrachte der Besitzer dieses Hauses dem Bundesgesundheitsamt 9 lebende und 7 tote Larven und außerdem 21 tote Käfer (12 ♂♂ und 9 ♀♀). Das befallene Haus bildet mit sieben weiteren ähnlichen Wohnungseinheiten eine lückenlose Zeile und liegt in deren Mitte. Die Hausreihe steht am Rande der Finnenhaussiedlung. Der Wohnungsinhaber hatte die Larven im oberen Stockwerk gefunden. Strenge Kälte und vielleicht Nahrungsmangel müssen die Larven vom Dachboden in das daruntergelegene zentralbeheizte Obergeschoß getrieben haben. Die Fugen zwischen den Platten aus Weichfaserpappe, welche die Zimmerdecken des Obergeschosses bilden, sind breit genug, um die Larven hindurchschlüpfen zu lassen. Ein merklich stärkeres Auftreten wurde jedoch erst im Winter 1962/63 beobachtet. Jetzt sammelte der Wohnungsinhaber täglich etwa 20—30 Larven und Käfer ein. Eine Anfang März 1963 durchgeführte Ortsbesichtigung bestätigte seine Angaben. Der Verfasser fand auf dem Dachboden des Hauses auf einer etwa 2 m² großen Fläche rings um die Dachluke 164 weibliche und 147 männliche, meist tote, Käfer. Die freien Flächen zwischen den Balken des nicht betretbaren ungedielten Dachbodens sind mit Glaswolle ausgefüllt. Auf diesem Isoliermaterial ist Teerpappe befestigt. Die Glaswolle wiederum lagert einfach auf den Platten aus Weichfaserpappe, die die Zimmerdecken des Obergeschosses bilden. In den Hohlräumen zwischen Glaswolle und Deckenbalken konnte ich 29 lebende Puppen, 37 lebende und 71 tote Larven einsammeln. Inmitten der Glaswollfüllung fand ich dagegen keine Larven oder Käfer. In der Nähe der Dachluke lagen viele Reste von Wespen und verschiedenen Fliegenarten umher, die alle stark angefressen waren. Ich nehme an, daß diese durch die Dachritzen eingedrungenen und schließlich verendeten Insektenarten die einzige Nahrung der Larven bildeten.

Im Monat Februar sammelte der Wohnungsinhaber in dem bewohnten oberen Stockwerk 118 Käfer (43 ♂♂ und 75 ♀♀). Auf einem längere Zeit nicht mehr benutzten Wollteppich, den der Besitzer dieses Hauses zusammengerollt im Untergeschoß beiseite gestellt hatte, fand er nach dem Entrollen mehrere hundert Larven, die in dem Teppich zahlreiche etwa fünfmarkstückgroße Fraßstellen mit unregelmäßigem Rand verursacht hatten. An diesen Stellen war der Wollflor bis auf das Grundgewebe abgenagt. Larven aus meiner Zucht, die ich eine Zeitlang auf einer Probe dieses Teppichs hielt,

erzeugten ähnliche Fraßbilder. Verschiedene Textilien (u. a. mehrere Wollpullover), die der Wohnungsinhaber in Schränken aufbewahrt hatte, wiesen ebenfalls von den Larven stammende Fraßlöcher auf.

In den angrenzenden Wohnungseinheiten waren bisher nur vereinzelte Käfer beobachtet worden.

In den folgenden Jahren 1964—1966 breitete sich der Käfer auch in den benachbarten Wohnungseinheiten aus und besiedelte auch eine 20 Meter entfernte Hauszeile stark. Nach einer 14 Tage andauernden Schönwetterperiode im März 1966 traten die Käfer besonders stark auf. Täglich wurden ca. 50 Käfer, vor allen Dingen von den Fenstern, abgesammelt.

In allen untersuchten Häusern hatte man Käfer und Larven zuerst im Obergeschoß und erst im darauffolgenden Jahr im Erdgeschoß bemerkt. In jedem Haus bestehen die Trennwände zwischen den einzelnen Räumen aus einer Doppellage Spundbrettern, überklebt mit 1 mm starker Pappe.

In dem ungewöhnlich stark befallenen Raum im Obergeschoß der zuerst befallenen Wohnungseinheit fielen nahe der Zimmerdecke und in der Nähe des Fußbodens runde 1,2—1,8 mm ∅ und ovale 4 mm (lange) Löcher in der übertapezierten Pappe auf. Hier hatten die *Trogoderma*-Larven, wie man nach dem Abreißen der Pappe sehen konnte, die eingetrocknete Klebemasse, mit der diese Pappe oben und unten auf dem Holzrand festgeklebt war, zerfressen und die Rillen zwischen den Spundbrettern als Wechsellaufgänge benutzt. Über diese Rillen dürften die Larven auch in die Zimmer des Erdgeschosses eingewandert sein. Die Löcher in der tapezierten Pappe wurden sicherlich durch die positiv phototaktischen ausgeschlüpften Käfer hervorgerufen. Es fiel weiterhin auf, daß sich an den massiven steinernen Seitenwänden des Hauses — den sogenannten Brandmauern — keine Tiere aufhielten. Neben Lebensmitteln waren vor allen Dingen Textilien aus tierischer Wolle, z. B. Strickjacken, Kamelhaarmäntel, mit Schafwolle gefüllte und gegen Motten geschützte Rheumadecken und in zwei Fällen auch Textilien aus Helanca angefressen worden.

Bis auf vereinzelte Larven von *Anthrenus verbasci* wurden keine anderen Schädlinge in den befallenen Häusern gefunden.

Mai 1963; Berlin Schöneberg.

Hier ging der Befall von den Lebensmitteln aus, die in der Kochnische des Wohnzimmers aufbewahrt wurden. Ungefähr 40 lebende Larven wurden aus Backpulver, Vanillinzucker, Schokoladenpudding, Kakao, Grieß, Kuchen- und Brötchenresten (zusammen mit vier Reismehlkäfern und einer Reismehllarve) isoliert. Im Wohnzimmerschrank wurden als „Mottenmittel" getrocknete Apfelsinenschalen aufbewahrt. In deren angetrocknetem Fruchtfleisch befanden sich 6 lebende ausgewachsene Larven, 1 Puppe und Exuvien. Die verschiedenen Häutungsstadien wiesen darauf hin, daß die Larven ihre Entwicklung in den Apfelsinenschalen durchgemacht hatten. In den mit Staub- und Wollresten angefüllten Ritzen des Dielenbodens wurden 40 Exuvien aller Altersstufen gefunden. 36 am Fenster gefangene Käfer (26 ♀♀ und 10 ♂♂) hatte der Wohnungsinhaber eingeschickt.

Juli 1963; Berlin-Schöneberg.

Wenige Larven (20—30) wurden an Lebensmitteln in einem Küchenschrank gefunden. Bei der Wohnungsbesichtigung konnten keine weiteren Exemplare gefunden werden, da die befallenen Lebensmittel weggeworfen worden waren.

März 1964; Berlin-Schmargendorf.

Seit Januar 1964 etwa traten in den Lebensmitteln und im Küchenschrank zwischen Geschirr Larven auf. Von diesem Zeitpunkt an sammelte die Wohnungsinhaberin 50—60 Larven aus dem Küchenschrank. Vor der Wohnungsbesichtigung hatte sie schon Bekämpfungsmittel verwendet.

Dezember 1964; Berlin-Tempelhof, Badener Ring.

Der Befall ging auch hier von den im Küchenschrank aufbewahrten Lebensmitteln aus. Aus fest verschlossenen Behältern, in denen sie Nudeln und Zucker aufbewahrte, isolierte die Besitzerin ungefähr 30 Larven. Auch diese Wohnungsinhaberin verwendete schon vor der Wohnungsbesichtigung Bekämpfungsmittel. Hier wurden noch einzelne Larven am Teppichrand im benachbarten Wohnzimmer gefunden.

März 1965; Berlin-Dahlem, Buchsweiler Straße.

Die ersten Larven fand der Besitzer nach seinen Angaben schon rund 3 Jahre vorher. Auch hier bildeten im Küchenschrank aufbewahrte Lebensmittel die Befallsgrundlage. Aus einem Plastikbehälter, der ein Gemisch aus Brühwürfel-, Bohnenkraut- und Fertigsoßenresten enthielt, wurden 43 lebende Larven und 1 Puppe isoliert. Ein angebrochenes Päckchen Bohnenkraut enthielt 20 lebende Larven und zahlreiche Exuvien. Ein noch geschlossenes Päckchen mit Bohnenkraut zeigte zwei eingefressene Löcher, die wahrscheinlich von der Larve stammten, die ich in dem Päckchen selbst fand. Auch Kaffeefilter, die in der Nähe der Lebensmittel aufbewahrt wurden, waren von Larven befallen. In den Innen- und Außenfalten der Filter wurden 5 erwachsene lebende Larven und 35 Larvenhäute aufgefunden, die alle den ersten drei Häutungsstadien angehörten. Es ist anzunehmen, daß Larven aus den innerhalb der Filter abgelegten Eiern geschlüpft sind und einen Teil der Jugendentwicklung (bis zum dritten Häutungsstadium) hier durchgemacht haben. Auch im Wohnzimmer, in das man von der Küche über einen Flur gelangt, fanden sich Larven in Keksdosen, zwischen Geschirr und in einem Besteckkasten für Kaffeelöffel.

April 1965; Berlin-Wilmersdorf, Hundekehlestraße.

Die ersten Larven bemerkte der Wohnungsinhaber im Frühjahr 1964 an Lebensmitteln im Küchenschrank. Auf einem Stück Hundekuchen, das hinter den Küchenschrank gefallen war, sollen sich (als es nach einem Jahr gefunden wurde) nach Schätzung der Besitzerin wenigstens 200 Larven befunden haben. Larven wurden ebenfalls in zwei weiteren Zimmern der Wohnung in Schränken zwischen Wäschestücken gefunden. Die Wäschestücke wiesen aber keine Fraßspuren auf. Auf dem Fenstersims vor dem verschlossenen Fenster konnte die Wohnungsmieterin wiederholt Käfer sammeln. Ein Befall von außen scheint hier zumindest möglich.

April 1965; Berlin-Wilmersdorf, Trautenaustraße.

Der Befall beschränkte sich auch hier auf den Küchenschrank und die darin befindlichen Nahrungsmittelreste. Bei einer Besichtigung der Wohnung wurden von mir ungefähr 25 lebende Käfer von den Scheibengardinen abgesammelt. Im übrigen Teil der Wohnung konnten weder Larven noch Käfer festgestellt werden.

Mai 1965; Berlin-Friedenau, Fregestraße.

Der Befall ging hier von zwei Wohnzimmern aus, die die Wohnungsinhaberin als Schneiderwerkstatt benutzte. Nachdem diese 1964 nur einzelne Käfer

an den Fenstern der beiden Räume abgesammelt hatte, las sie im Frühjahr 1965 nach ihrer Aussage dann schon ca. 100 Käfer auf. Unter den eingeschickten Käfern befanden sich 2 *Attagenus piceus*. Nur 3 Larven von *Tr. angustum* wurden bisher auf dem zwei Jahre vorher mit Holzdielen ausgelegten Fußboden gefunden. Hier kämen nur die mit Staub und Stoffabfällen ausgefüllten Hohlräume zwischen und unter den Dielen als Befallsgrundlage in Frage. In den nur kurzfristig lagernden Stoffen wurden nie Käfer oder Larven gefunden. Die übrigen Räume der Wohnung einschließlich der Küche wiesen keinen Befall auf. In dem unmittelbar über der Wohnung gelegenen Dachstuhl hatten sich verwilderte Haustauben eingenistet. Ob *Trogoderma* hier die Taubennester befallen hatte, ließ sich leider nicht feststellen.

Juli 1965; Berlin-Lichterfelde, Blankertzweg.

Hier handelt es sich um eine Siedlung, welche wie die in Kladow aus finnischen Reihenhäusern besteht. Ein Männchen von *Trogoderma angustum* wurde von dem Besitzer eines der Häuser eingeschickt. Bei einer Ortsbesichtigung konnte ich auf dem Boden und zwischen Wäschestücken nur Larven bzw. Käfer von *Anthrenus verbasci* und *Attagenus piceus* finden. Wahrscheinlich liegt hier der Beginn eines Befalls der Siedlung durch *Tr. angustum* vor.

Oktober 1965; Berlin-Steglitz, Poschinger Straße.

12 Käfer (9 ♂♂ und 3 ♀♀) waren von der Inhaberin eingeschickt worden, die sie im Sommer auf dem Küchenfensterbrett gesammelt hatte. Der Befall ging hier von Lebensmitteln aus, die seit 3 oder 4 Jahren in dem Wandschrank unter dem Fensterbrett lagerten. In einem 3 Jahre alten Beutel mit Kochreis wurden 21 Larven unterschiedlichen Alters gefunden, darunter 6 erwachsene, die übrigen, welche zum größten Teil sehr viel jünger waren, müssen aus verschiedenen Eiablagen stammen. Auch in Steintöpfen, die 3 Jahre alte Marmelade enthielten, wurden Larvenhäute gefunden. Noch in ihrer alten Wohnung, aus der sie zwei Jahre vorher ausgezogen war, hatte die Wohnungsinhaberin einzelne Käfer gefunden, jedoch schenkte sie erst in ihrer neuen Wohnung den Käfern, als diese am Küchenfenster zahlreicher auftraten, größere Aufmerksamkeit. Im Laufe des Sommers 1965 wurden von ihr ungefähr 50 Käfer abgesammelt. Die aus der alten Wohnung mitgenommenen Lebensmittel, die wahrscheinlich dort schon infiziert waren, sind als Befallsquelle anzusehen.

c) Diskussion der Funde

Die angeführten Fundstellen in verschiedenen Bezirken Berlins beweisen wohl hinreichend, daß *Tr. angustum* in Berlin festen Fuß gefaßt hat und daß wir mit seiner stärkeren Ausbreitung in der Zukunft rechnen müssen. Alle Räume, in denen *Tr. angustum* angetroffen wurde, waren zentralbeheizt, so daß also während des ganzen Jahres eine ausreichend hohe Temperatur für die Entwicklung der Larven zur Verfügung stand. Diese sehr gleichmäßig hohe Temperatur über das ganze Jahr hinweg wird überhaupt eine Bedingung dafür sein, daß es zu einer stärkeren Vermehrung des Käfers in den Wohnungen kommen konnte. Das Verschwinden der Käferart aus Stettin könnte durch mangelnde Heizung

der Räume (Museum) erklärt werden, in denen die Insektensammlungen sicherlich aufbewahrt wurden. Hier ist es ihnen im Gegensatz zu Berlin offenbar nicht gelungen, Wohnungen zu besiedeln.

Aufgrund der Schilderungen der Berliner Wohnungsinhaber muß in fast allen Fällen der erste Befall ein bis drei Jahre zurückdatiert werden. Die während dieser Zeitspanne vereinzelt an Fenstern auftretenden Käfer oder zwischen dem Geschirr auftauchenden Larven wurden entweder wegen ihrer Kleinheit übersehen, oder es wurde ihnen keine Bedeutung beigemessen. Sie konnten sich so meist mehrere Jahre hindurch in vergessenen Lebensmittelresten oder Vorräten unbemerkt und ungestört mehrere Generationen lang entwickeln. Die aufgefundenen Larvenhäute beweisen eindeutig, daß die Larven ihre ganze Entwicklung vom Ei bis zum Käfer über mehrere Generationen in den Wohnungen durchlaufen haben müssen. Erst das zahlenmäßig stärkere Auftreten der Käfer an den Küchenfenstern veranlaßte die Mieter, einen Schädlingsbekämpfer oder das Bundesgesundheitsamt um Rat zu bitten.

Auffallend ist die Tatsache, daß fast alle in der Literatur erwähnten und ebenso die vom Verfasser untersuchten Fundmeldungen sich auf die Käfer beziehen, die in den Monaten von Mai bis September gefunden wurden, mit einem deutlichen Maximum in den Sommermonaten Juni und Juli. Als Ausnahme muß der beschriebene Fall in Kladow angesehen werden, wo infolge der Massenvermehrung auch in den Wintermonaten Käfer auftraten.

In einigen Fällen hatten die Larven auch die ursprünglich allein befallene Küche verlassen und waren Nahrung suchend in die anderen Räume der Wohnung eingedrungen. In den Fällen Kladow und Bln.-Wilmersdorf scheint der Nahrungsmangel die Larven zu einer Wanderung in die übrigen Räume gezwungen zu haben. Auf diesen Wanderungen wurden gewissermaßen als Ersatznahrung auch Textilien (Teppiche) befallen.

Aus den Funden lassen sich zwei Möglichkeiten, wie sich der Schädling ausgebreitet hat, ableiten:

1. eine passive und
2. eine aktive Ausbreitung.

Die Untersuchung der Quellen des Befalls in den Wohnungen deutet darauf hin, daß in den meisten Fällen die Larven, die verschieden alt sein können, mit den Lebensmitteln in die Haushalte eingeschleppt wurden. Die Lebensmittel lagerten in den Wohnungen zum Teil in fest verschlossenen Behältern, so daß ein Befall von außen kaum in Frage kommen kann. Das Auftreten von *Tr. angustum* in den Trockensuppen einer Hamburger Firma (W e i d n e r , 1965) und in Kartoffel- und Trocken-

milchpulverproben (Frey, 1966), die aus verschiedenen Berliner Großlagern stammten, sprechen für diese Annahme. Ferner würde der Befall einer privaten Insektensammlung von Korge (1962) dies stützen. Die befallenen Insektenkästen werden in Regalen aufbewahrt, die vorher in einem Lebensmittelgeschäft standen.

Die zweite Möglichkeit der Ausbreitung besteht darin, daß der durchaus flugfähige Käfer in den Sommermonaten aktiv neue Plätze besiedelt. Die Fänge vereinzelter Käfer (Englert auf Spiräenblüten 1938, Korge 1958, Delkeskamp auf dem Balkon 1960—61, Kowalsky in Berlin-Tempelhof je 1 Männchen im Juli 1962 und 1963, die vom Verfasser determiniert wurden) sprechen für einen möglichen Befall von außen, durch befruchtete Weibchen. Gerade in dem beschriebenen Fall Kladow konnte während mehrerer aufeinanderfolgender Jahre eine allmähliche Ausbreitung der Käferart, die sicherlich nur durch die flugfähigen Imagines möglich war, in angrenzende oder gegenüberliegende Häuser beobachtet werden. Die Gefahr, daß sich *Tr. angustum* durch die flugfähigen Käfer in den Sommermonaten ausbreitet, besteht jedoch nur in der Nähe einer stark befallenen Wohnung.

Bemerkt sei hier noch folgendes. Ich habe mich in den Sommermonaten der Jahre 1962—1966 bemüht, *Tr. angustum* auf solchen Blütenständen zu finden, auf denen die verwandten *Attagenus*- und *Anthrenus*-Arten anzutreffen sind. Der Erfolg war in allen Fällen negativ.

Die bis heute vorliegende Literatur über *Tr. angustum* (Sol.) beschränkt sich auf die oben angegebenen Fundmeldungen, sodann auf eine kurze Beschreibung der Larve (Korschefsky, 1944, Kunicke, 1942, Beal, 1954), der Käfer (Beal, 1954, Korge in Horion 1960 und Döhring-Kemper, 1963) und der durch *Trogoderma* hervorgerufenen Schäden (Schmidt, 1960, und Döhring-Kemper, 1963). Näheres über die Biologie dieser Art ist bisher nicht bekannt.

Bei Fertigstellung des Manuskriptes wurde die bestehende Literatur durch die Arbeit von Wohlgemuth (1967) „Über Ei- und Larvalentwicklung von Tr. angustum" erfreulich erweitert.

Das Ei

a) Eiablage

Sofern sie kein anderes Substrat vorfinden, legen die Weibchen die feuchten, glänzend milchig-weißen Eier einzeln auf den nicht präparierten Glasboden der Zuchtgefäße ab. Liegen jedoch in den Zuchtbehältern noch alte Puppenhüllen, leere Samenschalen oder ähnliches umher, be-

nutzen die Weibchen diese zur Eiablage. Die sonst sehr verstreut abgelegten Eier werden in solchen Hohlräumen sehr eng regellos neben oder sogar übereinander deponiert. So wurden in einem Fall 9 Eier in dem hinteren Teil der Larvenhaut einer nicht geschlüpften Puppe abgelegt. Der Raum konnte nur durch die Legeröhre erreicht werden. Ebenso ziehen die Weibchen für die Eiablage in den Zuchtgläsern grob gewirkte Stoffstückchen dem kahlen Glasboden vor. Sie schieben die Eier dann mittels ihrer Legeröhre in die Hohlräume zwischen den Stoffasern.

b) Eibeschreibung, abnorme Eiformen und Doppeleier

Das Ei verläßt die Legeröhre zuerst mit dem caudalen Pol, der meist stärker verjüngt und später stärker zugespitzt ist als der apikale Pol. Dieser manchmal breitere und abgerundete Eipol trägt zusätzlich einen spärlichen Kranz feinster Haare. Die Preßwehen bewirken wahrscheinlich, daß der die Legeröhre zuerst verlassende Eipol stärker konisch ausgebildet wird als der nachfolgende Teil, indem die nach hinten geschobene Eidottermasse sich staut und so dem Eipol seine mehr abgerundete und ewas breitere Form gibt. In diesem Teil, der später das Kopfende bildet, ist so immer genügend Eidotter vorhanden, während der konische erste Teil des Eies, in dem sich die Schwanzhaare ausbilden, vielfach schon bei der Eiablage dotterleer ist. Die frisch abgelegten Eier sind im Normalfalle gestreckt oder mehr oder weniger stark eingekrümmt. Die Chorionoberfläche ist unregelmäßig gefeldert, so daß eine quer zur Eiachse verlaufende Riffelung entsteht. Abnorme Eiformen, wie sie bei anderen Dermestidenarten beobachtet wurden (Voelkel, 1925, Madel, 1940), konnten auch hier immer wieder festgestellt werden. Die häufigsten irregulären Eitypen sind auf der Abb. 1 dargestellt.

Voelkel macht Störungen bei der Eiablage für das Zustandekommen dieser abweichenden Eiformen verantwortlich. Dieses kann für *Tr. angustum* bestätigt werden. Die bei der Eiablage durch andere Käfer behinderten Weibchen verließen ihren Platz und schleiften das halb aus der Legeröhre ausgetretene Ei hinter sich her, wobei es verformt und verdreht werden kann. Bei der endgültigen Eiablage war der herausragende Teil schon so weit verhärtet, daß die Verformung nicht mehr rückgängig gemacht werden konnte. Die beigefügten Abbildungen lassen dies deutlich erkennen. Bestätigt werden diese Beobachtungen auch durch die Tatsache, daß abnorme Eiformen zum größten Teil in Zuchtschalen auftraten, in denen sehr viele Männchen und Weibchen gemeinsam gehalten wurden, so daß die Tiere sich sehr oft gegenseitig stören konnten. Bei den paarweise gehaltenen Käfern wurden meist von den alternden Weibchen gegen Ende ihrer Eilegeperiode anormale Eier

gelegt, ebenso von Weibchen, die erst sehr spät (nach 26 Tagen) befruchtet worden waren, oder solchen, die extremen Temperaturen ausgesetzt waren (minus 5° C bis plus 35° C). Die von den letztgenannten Weibchen abgelegten mißgestalteten Eier gingen meist zugrunde, während die sonst abnormen Eier sich in der Regel erfolgreich entwickelten.

Schon mehrmals wurde die Ablage von Doppeleiern bei anderen *Dermestiden* beobachtet und beschrieben, sie konnte aber bei *Tr. angustum* nur zweimal bei einzeln gehaltenen, normal alten Weibchen gesehen werden. In den Gemeinschaftszuchtgläsern dagegen konnten diese Doppeleier immer wieder festgestellt werden. Der behaarte Pol des ersten Eies war verschieden fest mit dem unbehaarten Pol des zweiten Eies zusammengewachsen (Abb. 1). Bei einem Teil der Doppeleier waren die Eier noch deutlich voneinander abgegrenzt, so daß der Haarkranz des ersten Eies zum Teil noch sichtbar war (Abb. 1, Nr. 1 und 2). Der andere Teil der Doppeleier war so stark verwachsen, daß die beiden Eier an der Verwachsungsstelle kaum (Abb. 1, Nr. 3—6) oder gar nicht mehr (Abb. 1, Nr. 7 und 8) getrennt waren. Bei diesen beiden Gruppen von Eiern konnte nie eine erfolgreiche Entwicklung der Larven beobachtet werden.

Von den übrigen Doppeleiern entwickelte sich immer nur das Ei, dessen behaarter Pol nicht an der Verwachsungsstelle lag. Offenbar wird die Kopfregion des ersten Eies an der Verwachsungsstelle in Mitleidenschaft gezogen und so eine erfolgreiche Entwicklung unmöglich gemacht. Die Eidottermassen waren hier deutlich abgegrenzt, während sie bei den übrigen in Verbindung standen. Auch hier könnte der Grund für die Ablage von Doppeleiern in einer Störung der Weibchen während der Eiablage oder in einer Überalterung der Weibchen liegen. Auf das noch nicht abgelegte Ei wird offenbar in der Legeröhre das nachdrängende zweite Ei geschoben. Die noch feuchten Eipole verkleben oder verwachsen an den Berührungstellen und werden gemeinsam abgelegt. Die überalterten Weibchen, die Doppeleier ablegten, hatten z. B. folgendes Alter:

1. Weibchen 18 Tage — 2 Doppeleier
2. Weibchen 23 Tage — 2 Doppeleier
3. Weibchen 30 Tage — 9 Doppeleier plus 9 normale Eier

Die Eiablage erfolgte unter Zimmerbedingungen bei 24° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 45 %.

Die Messung von über 500 normalen Eiern ergab eine Variationsbreite von 0,48--0,96 mm in der Länge und 0,18—0,24 mm in der Breite. Die beigefügte Kurve I (Abb. 2) zeigt, daß die Mehrzahl der Eier zwischen 0,60 und 0,66 mm lang war. Die beiden anderen Kurven II und III zeigen

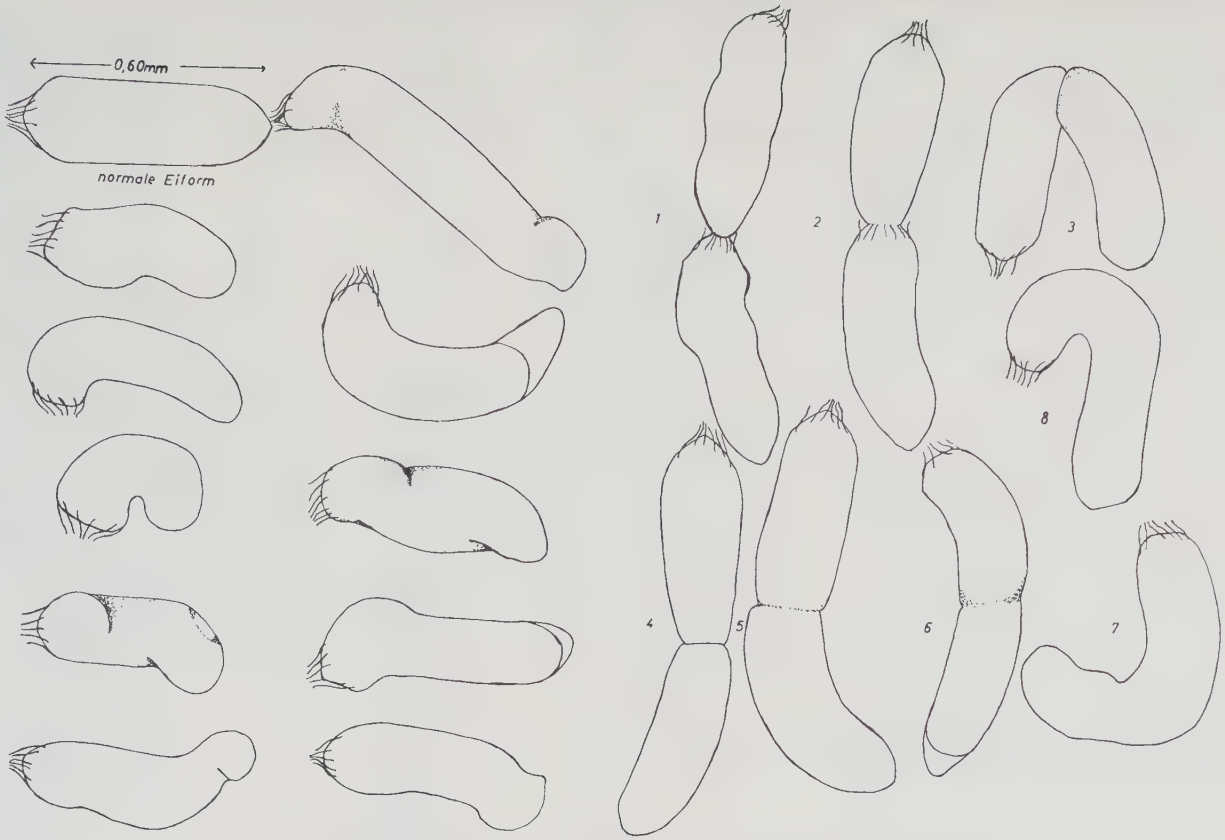

Abb. 1. Die linke Seite zeigt verschiedene abnorme Eiformen, während die rechte Seite unterschiedlich stark verwachsene Doppeleier wiedergibt

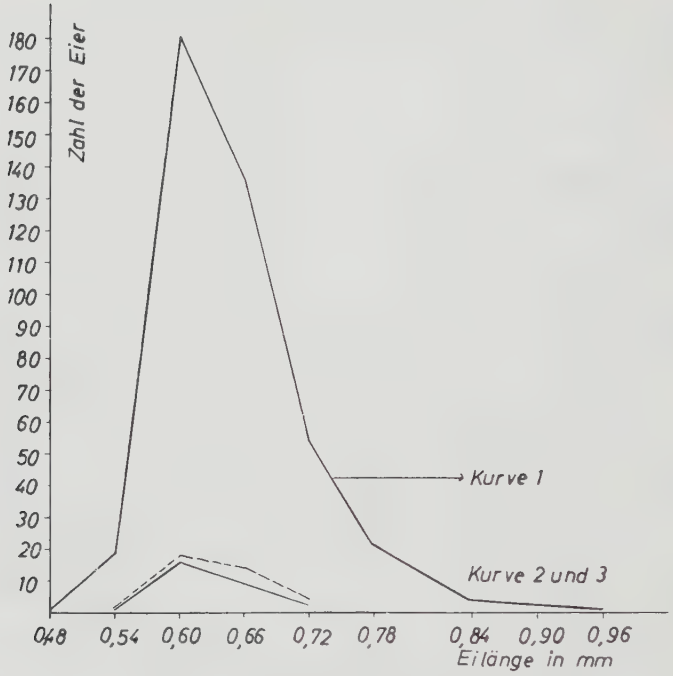

Abb. 2. Erklärungen siehe Text

die Variationsbreite innerhalb eines Geleges, das jeweils von einem befruchteten Weibchen stammt. Es fällt die Übereinstimmung beider Kurven auf.

c) Legeperiode der Weibchen

1. 24stündiger Eiablagerhythmus

Die Käfer wurden paarweise in offenen Petrischalen mit einem Durchmesser von 3,5 cm und einer Höhe von 3 cm gehalten. Diese wurden nach dem Zusammensetzen der Paare in Wärmeschränke gesetzt, in denen die Tiere bei völliger Dunkelheit einer Temperatur von 24°, 26°, 28°, 30° und 32° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 35 % und 40 % ausgesetzt waren. Ein Teil der Tiere lebte bei Temperaturen von 15°, 18°, 20° und 21°—26° C sowie einer relativen Luftfeuchtigkeit von 40 %—55 % unter normalen Wohnraumbedingungen. Weitere Tiere wurden bei 12° C und 80 % relativer Luftfeuchtigkeit gehalten. Die Begattung konnte nur bei einem Teil der Tiere beobachtet werden.

Die Paarung wurde von den Männchen gewöhnlich sofort nach der Zusammenführung eingeleitet und war meist nach 1—2 Minuten erfolgreich vollzogen. Zwischen Begattung und der ersten Eiablage vergehen mindesten 24 Stunden. Diese Zeitspanne bedeutet bei allen Temperaturen zwischen 22° C und 32° C das Minimum (s. tabell. Übersicht I). Da eine Begattung nicht immer sofort erfolgte, bedeuten die in der tabellarischen Übersicht angegebenen Werte die Zeit, die zwischen Zusammensetzen und der ersten Eiablage verstreicht. In 50 % aller Fälle (40 Weibchen) erfolgte die erste Eiablage nach 24—48 Stunden. Da diese Zeit aber auch 70—100 Stunden betragen konnte, muß angenommen werden, daß eine erfolgreiche Begattung erst nach 2 Tagen erfolgte. Die Ablage der Eier konnte für jede Tages- und Nachtstunde nachgewiesen werden. Waren die Tiere dem normalen Tag- und Nachtrhythmus des Lichtes ausgesetzt, so ließ sich hinsichtlich der Eiablage ein deutliches Maximum in den späten Nachtstunden von 23.00—2.00 Uhr beobachten.

Zum Beispiel:

Weibchen I	24.00— 1.30 Uhr	17 Eier
Weibchen II	24.00— 2.00 Uhr	15 Eier
Weibchen III	23.00—24.00 Uhr	8 Eier
	24.00— 6.00 Uhr	25 Eier
Weibchen IV	22.00—24.00 Uhr	17 Eier

Wie sich die Legeaktivität während der übrigen Tageszeiten ändert, soll an den beiden folgenden Beispielen klar gemacht werden.

Weibchen I	14.15—15.30 Uhr	2 Eier
	15.30—16.00 Uhr	1 Ei
	17.00—19.00 Uhr	6 Eier
	21.00—21.30 Uhr	1 Ei
	21.30—22.00 Uhr	2 Eier
	23.00—23.30 Uhr	2 Eier
	24.00— 1.30 Uhr	17 Eier
	6.30— 8.00 Uhr	5 Eier
	8.00— 9.00 Uhr	1 Ei
	16.00—17.00 Uhr	2 Eier
	vorläufiges Ende der Eiablage	
Weibchen II	24.00— 6.00 Uhr	12 Eier
	9.00—15.00 Uhr	30 Eier
	32 Stunden Pause	
	23.00—24.00 Uhr	8 Eier
	24.00— 6.00 Uhr	25 Eier
	9.00—14.00 Uhr	2 Eier
	120 Stunden ohne Eiablage, danach 9 Eier in 3 Stunden.	

Bei rund der Hälfte aller 20 untersuchten Weibchen stieg die Legeaktivität in den Nachtstunden deutlich an. Trotzdem kann man nicht von einem ausgesprochenen Tages- und Nachtrhythmus bei der Eiablage sprechen.

Sobald ein Weibchen eine größere Anzahl Eier innerhalb eines kürzeren Zeitabschnittes abgelegt hatte, trat eine mehrstündige Pause (bis zu 5 Stunden) ein. Aber auch dann, wenn sich die Eiablage über den ganzen Tag hinzog, konnten die Pausen zwischen zwei Eiablagen von 2 Minuten bis auf 8 Stunden ausgedehnt werden, so daß die durchschnittliche stündliche Legeleistung zwischen 0 und 15 Eiern lag.

2. Eiablagerhythmus während der gesamten Legeperiode

Die tägliche Eiablage läßt sich aus der tabellarischen Übersicht I ablesen. Die Tabelle soll nicht nur eine Übersicht über die Normalfälle geben, sondern auch mögliche Abweichungen erfassen. Bei fast allen untersuchten Paaren wurde die höchste tägliche Eiquote meist am ersten Tag der Legeperiode erreicht. Die Quote des zweiten Tages lag fast immer unter der des ersten Tages. Nach den ersten beiden Legetagen wurde unter allen Temperaturbedingungen meist ein Ruhetag eingelegt, der nur ausnahmsweise nicht zu beobachten war, so z. B. bei Weibchen XIII. An den ersten beiden Tagen wurde von 60 % der Weibchen mehr als die Hälfte des Geleges abgelegt. Ausnahmen kamen z. B. bei Weibchen III, VI, XI vor. Die restlichen Eier des Geleges erschienen entweder im Laufe des ersten oder des zweiten Tages, der dem Ruhetag folgte. Damit war die Legephase meist abgeschlossen, und 3—4 Tage danach verstarben in der Regel die Weibchen. Die oben beschriebene normale Eiablageperiode kann gerade in der zweiten Hälfte variieren. Es lassen sich dann folgende Möglichkeiten aus der tabellarischen Übersicht ablesen:

1. Die Ruhepause kann auf 48—100 Stunden ausgedehnt werden (Weibchen I, II, V und VIII).
2. Der zweite Eischub kann auf einen Tag beschränkt werden (Weibchen II, V und XII) oder
3. auf zwei Tage verteilt werden, die durch Tage ohne Eiablage voneinander getrennt sind (Weibchen III), oder
4. auf drei hintereinander liegende Tage (Weibchen IV) oder
5. auf drei Tage verteilt werden, die durch Tage ohne Eiablage voneinander getrennt sein können (Weibchen I).

d) Abhängigkeit der Gelegestärke und Eimortalität

1. von der Zahl der Begattungen

Es muß angenommen werden, daß die Weibchen die maximale Eizahl nur nach mehrmaliger Begattung legen. Diese Annahme wird durch folgende Untersuchungen gestützt:

Tabelle I: Eiablagerhythmus während der gesamten Legeperiode

♀	Temp. °C	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	Tg.	S
I	22	♂								♀	70 Std.			15	6			10		12			4			† ♀		54 E.
II	24			♀♂	27 bis 34 Std.	35	19			8					†♂♀													62 E.
III	24	♂							♀		72 Std.			15	6		21			16				†				58 E.
IV	24	♂		72 Std.		43	24		16	1	8				†♂				†									92 E.
V	24	♂			♀	27 Std.	49	27			10				†♂		†♂											76 E.
VI	24		♂	♀	45 Std.		14	10		15	13							†♀						†				42 E.
VII	24			♀	48 Std.		23	6		1	25		†♂															55 E.
VIII	26		♂	30 Std.	49	21			7	♀						†♂		†										77 E.
IX	26		♂											♀	30 Std	37	22		11				†					51 E.
X	26		♀	60 Std.		46	17		20	15						†♀			†♂									98 E.
XI	26		♀	48 Std.		18	9		15	16					22							†	†					80 E.
XII	30		♀	32 Std.	20	16		8			†♀		†♂															80 E.
XIII	30	♀	25 Std	45	16	18			†♀																			79 E.
XIV	32		♀	30 Std	30	16		4						†♂♀														50 E.
XV	22	1 ♂	♀	24 Std.	31	10				2 ♂		10	3 ♂		†♀													51 E.
XVI	24	12 Tg. ♂♀	48 Std.		18	9					2 ♂	35 48 Std.		20			†♀											47 E.
XVII	24		♀	70 Std.			30	25		2 ♂			3 ♂		4 ♂	5 ♂		†♀										55 E.

Die relative Luftfeuchtigkeit schwankte zwischen 35 % und 50 %. Das Alter der Weibchen und Männchen bei der Zusammensetzung läßt sich aus der jeweiligen Spalte ablesen, in die das Sexualzeichen eingetragen worden ist. Wurden nacheinander mehrere 1—2 Tage alte Männchen zu einem Weibchen gesetzt, so erhielten die männlichen Sexualzeichen Ziffern. Das mit einem (—†) versehene Sexualzeichen gibt den Todestag des Tieres an. Die eingetragenen Stundenzahlen bezeichnen die Zeit zwischen dem Zusammensetzen der Paare und der ersten Eiablage. S = Summe der abgelegten Eier.

1. Bei Weibchen, die schon Eier abgelegt hatten, konnte mindestens eine weitere erfolgreiche Begattung durch das Männchen, das auch die erste Befruchtung durchgeführt hatte, beobachtet werden. Danach legte das Weibchen weitere Eier ab.

2. Weibchen, denen das Männchen nach der ersten Hälfte der Eiablage entzogen wurde, hörten mit der Eiablage auf (Weibchen XV und XVI). Wurden nach 3 oder 4 Tagen neue Männchen hinzugesetzt, so legten die Weibchen, wenn sie altersmäßig dazu in der Lage waren, nach 24 bis 48 Stunden wieder Eier ab. War mit der ersten Eiablage aber schon die maximale Gelegestärke erreicht worden, führten auch weiterhin vorgenommene Befruchtungsversuche nicht zu einer neuen Eiablage (Weibchen XVII).

3. Es wurden Gelegestärke und Eimortalität derjenigen Weibchen, denen die Männchen vor der ersten Eiablage entzogen worden waren, untersucht und diese Werte dann verglichen mit denen von Weibchen, die ständig mit einem Männchen zusammen lebten. Ob die ersten Weibchen vor der ersten Eiablage ein oder mehrmals begattet worden waren, konnte nicht untersucht werden. Die erste Gruppe Weibchen legte durchschnittlich 26,5 Eier (14—52 Eier) ab mit einer Mortalität von 53,7 % (17—85,7 %), die zweite Gruppe dagegen 61,3 Eier (41—92 Eier) mit einer Mortalität von 21 % (5,8—61,5 %). Die Werte wurden jeweils von 15 Weibchen, die bei 22—26° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von ungefähr 50 % gehalten wurden, gewonnen. Die in Klammern stehenden Werte geben jeweils die beiden Extremwerte an, zwischen denen die Gelegestärke einerseits und die Eimortalität andererseits schwankte. Wurden den Weibchen der ersten Gruppe, nachdem sie mehrere Tage lang keine Eier abgelegt hatten, wieder Männchen hinzugesetzt, so konnten sie fast immer zu einer weiteren Eiablage gebracht werden. Die viel höhere Sterblichkeit der Eier der nur einmal begatteten Weibchen könnte dadurch erklärt werden, daß die bei der ersten Kopulation aufgenommene Samenmenge für die Befruchtung der bisher abgelegten Eier nicht ausreichte. Auch der nach der ersten Eiablage eingeschobene Ruhetag ließe sich dadurch erklären, daß für die nächste Eiserie eine zweite Spermaaufnahme gegen Ende der ersten Eiablage unbedingt notwendig ist. Erfolgt sie nicht rechtzeitig, so wird die weitere Eiablage entsprechend verzögert (Weibchen I, II, V und VIII). Ist die maximale Gelegestärke auch nach der zweiten Befruchtung nicht erreicht, so können offenbar durch eine nochmalige Spermaaufnahme weitere Eier abgelegt werden. Ist die maximale Gelegestärke jedoch einmal erreicht, so können keine weiteren Begattungen die Gelegegröße erhöhen.

2. von dem Alter der Weibchen

In welchem Lebensalter die Weibchen erfolgreich begattet werden können, hängt vor allen Dingen von der herrschenden Temperatur ab. Um die Grenze festzustellen, in der von den Weibchen noch erfolgreich Eier abgelegt werden, wurden die unterschiedlich alten Weibchen mit jeweils 3 ein bis zwei Tage alten Männchen in verschiedenen Temperaturbereichen zusammengebracht. Es war durch Kontrollversuche sichergestellt, daß die Männchen zeugungsfähig waren. Es sind vier Phasen im Leben des Weibchens unterscheidbar:

1. Die erste Phase umfaßt das Alter, in dem die Weibchen erfolgreich begattet werden und entwicklungsfähige Eier ablegen. Gelegestärke und Eimortalität sind hierbei genauso hoch wie bei normal befruchteten Weibchen.
2. Die zweite Phase umfaßt das Alter, in dem die Befruchtung ebenfalls noch erfolgreich ablaufen kann. Die Eizahl nimmt um so stärker ab bzw. die Eisterblichkeit um so stärker zu, je mehr die Weibchen sich dem Ende dieser Phase nähern.
3. Die dritte Phase umfaßt die Zeit, in der die Weibchen zwar noch begattet, aber offenbar nicht mehr befruchtet werden können, da alle abgelegten Eier entweder unmittelbar nach der Eiablage oder einige Tage später absterben.
4. In der letzten Phase erfolgt keine Eiablage. Die Weibchen sind in dieser Zeit nicht mehr in der Lage, Eier abzulegen.

Bei Zimmertemperaturen von 21—24° C und einer durchschnittlichen relativen Luftfeuchtigkeit von 45 % können für diese vier Phasen folgende Zeiten angegeben werden:

			Mortalität der Eier	Sterbealter der Weibchen
1. Phase Weibchen	10 Tage alt	54 Eier	20 %	25 Tage
2. Phase Weibchen	13 Tage alt	51 Eier	60 %	21 Tage
Weibchen	28 Tage alt	30 Eier	70 %	36 Tage
3. Phase Weibchen	33 Tage alt	11 Eier	100 %	42 Tage
4. Phase Weibchen	34 Tage alt	keine Eiablage		39 Tage

Auch die überalterten Weibchen gingen meist 3—4 Tage nach der letzten Eiablage ein. Die für die vier verschiedenen Phasen angegebenen Zeiteinheiten dürfen nicht als absolute Werte verstanden werden, da die Angaben für verschiedene Weibchen recht unterschiedlich ausfallen. Sehr gut verständlich wird diese Tatsache, wenn wir das Alter der unbe-

fruchteten Weibchen für diesen Temperaturbereich heranziehen, das durchschnittlich 27 Tage betrug, aber zwischen 23 und 39 Tagen schwankte. Da das voraussichtliche Alter der untersuchten Weibchen innerhalb dieses Bereiches schwanken konnte, müssen natürlich auch die oben angegebenen Werte entsprechenden Schwankungen unterworfen sein. Vor allen Dingen die Angaben über die Phasen 2—4 werden je nach dem Alter, welches das Weibchen erreichen kann, stark variieren. Mit 28 bzw. 33 Tagen wären die meisten Weibchen schon eingegangen, so daß diese Angaben nur für Weibchen gelten können, die ein überdurchschnittliches Alter erreicht hätten.

3. von der Temperatur

Noch stärkeren Einfluß auf die Phasendauer hatte wie zu erwarten die Temperatur. Bei 30° C (35—40 % relative Luftfeuchtigkeit) konnte die dritte Phase schon mit 10—12 Tagen erreicht sein, während bei 12° C die zweite Phase bis auf 90 Tage ausgedehnt werden konnte. So wurde z. B. ein Weibchen, das 86 Tage bei 12° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 80 % gelebt hatte, erfolgreich begattet, wenn es in ein Milieu mit einer Temperatur von 24° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 45 % überführt wurde, wo es noch 11 Tage lebte. Das Weibchen legte noch 8 Eier ab, aus denen 3 Larven schlüpften.

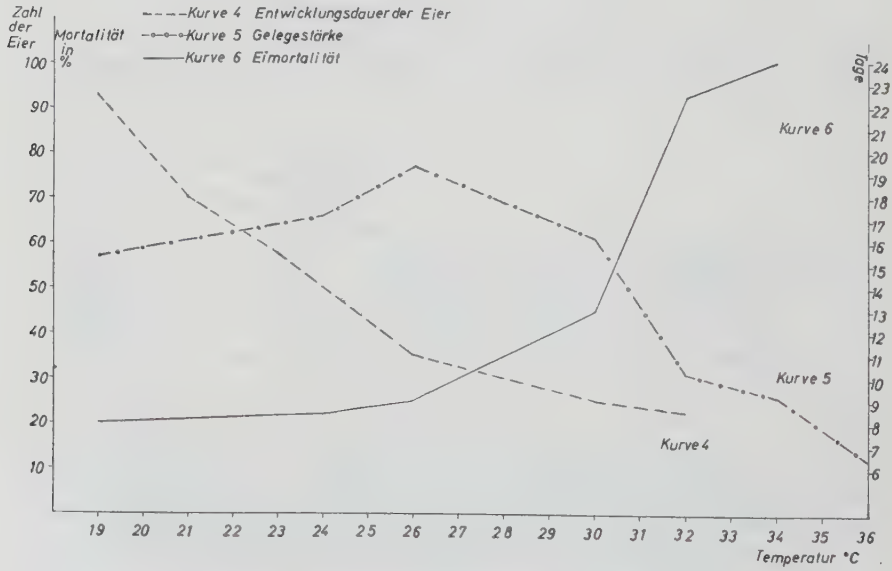

Abb. 3. Weitere Erklärungen siehe Text

Die Männchen waren bei 22° C und 45 % relativer Luftfeuchtigkeit noch im Alter von 15 Tagen, also ungefähr noch 3 Tage vor ihrem Tode, in der Lage, Weibchen zu begatten. Jedes Männchen kann mehrere Weibchen befruchten, so daß diese die volle Legeleistung erreichen.

Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 35—45 % sind die Gelegestärke, die Eimortalität und Entwicklungsgeschwindigkeit der Eier von der Temperatur (19—32° C) abhängig. Dieses Verhältnis wurde für jede angegebene Temperatur mittels 15 Weibchen, die jeweils nur von einem einzigen Männchen begattet wurden, untersucht. Dann wurden die Durchschnittswerte errechnet, welche die Grundlage für die abgebildeten Kurven IV und V (Abb. 3) bilden. Da Gelegestärke und Eimortalität stark variieren, seien hier außer den errechneten Durchschnittswerten auch die jeweilige Streuung der Ergebnisse für diese beiden Faktoren angegeben.

Temperatur	durchschnittliche Gelegestärke	Streuung	durchschnittliche Mortalität	Streuung
12,0° C		3— 5 Eier	100 %	
19,0° C	57,3 Eier	45—71 Eier	20 %	2,8— 36,2 %
24,5° C	65,7 Eier	42—92 Eier	22 %	1,6— 67,5 %
26,0° C	77,5 Eier	65—98 Eier	25 %	15,6— 32,9 %
30,0° C	61,3 Eier	44—80 Eier	45,3 %	16,3— 81,9 %
32,0° C	31,1 Eier	10—50 Eier	92 %	50,0—100,0 %
34,0° C	26,0 Eier	10—35 Eier	100 %	
36,0° C	12,0 Eier	3—20 Eier	100 %	

Wohlgemuth (1967) gibt für verschiedene Temperaturen bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60 % folgende durchschnittliche Eizahlen an:

Bei 10° C 5 Eier, bei 15° C 33,9 Eier, bei 20° C 39,2 E., bei 25° C 41 E., bei 28° C 40,58 E., bei 32,5° C 37,8 E. und bei 35° C 25,68 Eier. Die von ihm angegebenen Eimortalitäten liegen etwas höher als die von mir gefundenen Werte. Ferner weist er die Abnahme der Gelegestärke, die bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 20 % (bei 25° C) mit 55 Eiern am höchsten ist, mit zunehmenden relativen Feuchten nach. Die Entwicklungsgeschwindigkeit der Eier schwankte höchstens um einen Tag. Aus Eiern, die innerhalb von 2—3 Stunden abgelegt wurden, konnten die Eilarven mit einer Verzögerung bis zu 24 Stunden schlüpfen. Die Eiablage erfolgte zwischen 12° C und 36° C, aber nur die bei 15° C bis 32° C abgelegten Eier konnten sich erfolgreich entwickeln. In den beiden extremen Temperaturbereichen legten auch rund ein Viertel der Weibchen Eier ab, die aber ohne sichtbare Entwicklung eingingen. Bei einer Ver-

doppelung der relativen Luftfeuchtigkeit auf 75—80 % und einer Temperatur von 26° C stieg die Mortalität um 15 % an. Ist eine höhere (30° bis 32° C) oder eine niedrigere (15°—18° C) Temperatur mit einer hohen relativen Luftfeuchtigkeit von 90 % gekoppelt, so steigt die Eimortalität auf 98—100 %. Eine Entwicklung in den angegebenen Temperaturbereichen (15°—32° C) ist grundsätzlich bei einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 10 % und 95 % möglich.

Das vitale Optimum liegt bei 26° C, wenn die Luftfeuchtigkeit 35 bis 45 % beträgt. Hierbei wird die höchste durchschnittliche Gelegestärke einschließlich der höchsten Einzelgelege mit 25 %iger Eimortalität und einer Entwicklungsgeschwindigkeit von 11 Tagen erreicht. Ein Vergleich der Kurven 4—6 (Abb. 3) zeigt, daß die Optima für verschiedene Lebensäußerungen unterschiedlich liegen. Am schnellsten entwickeln sich die Eier zwischen 30° und 32° C. Hier liegt das Optimum für die Entwicklungsgeschwindigkeit. Die höchste Vitalität aber liegt zwischen 19° und 26° C. Die Entwicklungsgeschwindigkeit steigt zwischen 19° und 21° C ziemlich rasch an, um mit höherer Temperatur dann zwar stetig, aber wesentlich langsamer zuzunehmen. Die Kurve der Vitalität zeigt eine umgekehrte Tendenz. Bis 26° C steigt die Mortalität langsam, um dann im Temperaturbereich von 30°—32° C sprunghaft anzusteigen, so daß über 32° C eine Entwicklung ausgeschlossen ist.

e) Eilarvenentwicklung

Eine genaue Beobachtung der Furchungs- und Entwicklungsvorgänge des Embryo durch die Eischale hindurch ist nicht möglich. Erst ungefähr 24 Stunden vor dem Schlüpfen können deutlich sichtbare Veränderungen an dem fast schlüpfreifen Embryo festgestellt werden. Zuerst kommt es zu einer leichten braunen Verfärbung am unbehaarten Eipol, an dem sich die Schwanzhaare und die Pfeilhaarbüschel (die später beschrieben werden) der letzten beiden abdominalen Segmente mehr und mehr ausfärben. Für die sich ausfärbenden, spiralig zusammengelegten Schwanzhaare schafft der Embryo Platz, indem er sich etwas von diesem Eipol zurückzieht. Anschließend färbt sich die Behaarung der Tergite aus. Gleichzeitig werden die sechs auf jeder Seite des Kopfes liegenden Punktaugen und die stark chitinisierten Mandibeln sichtbar. Die lateralen Haarbüschel der einzelnen Tergite zeichnen sich deutlich voneinander ab und scheinen — segmental angeordnet — durch das Chorion hindurch. Besonders deutlich treten die stark ausgeprägten Haarbüschel der drei Thoraxsegmente und die wesentlich schwächere Behaarung der sechs folgenden Abdominalsegmente hervor. Nur die letzten beiden Segmente sind infolge ihres besonders starken Besatzes mit Pfeilhaaren nicht mehr voneinander unterscheidbar (s. Abb. 4). Auf der ventralen

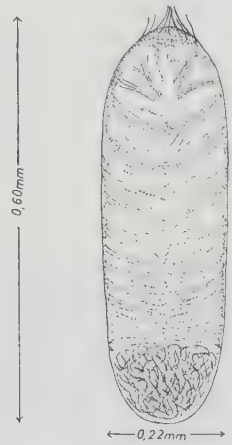

Abb. 4. Schlüpfreifes Ei. Die punktierten Linien geben die durchscheinende Behaarung der einzelnen Segmente an

Seite des schlüpfreifen Embryo sind die wesentlich kleineren Haare der drei Thoraxsegmente und der drei anschließenden Abdominalsegmente schräg nach hinten gerichtet. Die übrigen Segmente weisen wieder eine segmental angeordnete Behaarung auf. Die Ausfärbung der larvalen Haare nimmt einen Zeitraum von ungefähr 20 Stunden in Anspruch, wenn die Eier bei Zimmertemperatur (ca. 23° C) und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % gehalten werden. Nach weiteren 2—4 Stunden beginnt der Schlüpfakt, der bei glattem Verlauf 1—2 Minuten dauert. Die zwischen den Kontraktionswellen eingelegten Pausen können so weit ausgedehnt werden, daß der Schlüpfakt sich auf 2 Stunden ausdehnt. Die Eilarve verläßt die Chorionhülle am behaarten Eipol.

Die Entwicklungsdauer der Eier ist stark temperaturabhängig. Schwankte die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 35 und 45 %, so nahmen die Entwicklungszeiten bei den verschiedenen Temperaturen folgende Werte an, die mit denen von Wohlgemuth (1967) ungefähr übereinstimmen:

bei	19° C	22,5 Tage
	21° C	18,0 Tage
	23° C	15,5 Tage
	24° C	13,5 Tage
	26° C	11,0 Tage
	28° C	10,0 Tage
	30° C	9,0 Tage
	32° C	8,5 Tage

Oberhalb 32° C und unterhalb von 15° C konnte keine erfolgreiche Entwicklung mehr beobachtet werden. Bei 34° C lief die embryonale Entwicklung einiger Eier (soweit das durch die Eischale hindurch beobachtet werden konnte) bis zur Ausbildung der Larven ab. In keinem Fall konnten aber die Eilarven die Eihaut sprengen, sondern trockneten ein. Wurde die Temperatur auf 36° C erhöht, so gingen alle Eier ohne sichtbare Entwicklung ein. Von 40 Eiern, die bei 24° C abgelegt und bei 34° C aufgezogen wurden, gingen 16 Eier ohne sichtbare Entwicklung ein, 15 Eier entwickelten sich bis zur Larve, trockneten aber in der Eischale oder während des Schlüpfvorganges ein, und nur 9 Larven schlüpften erfolgreich.

Die Larve

a) Morphologie der verschiedenen Larvenstadien, insbesondere Bau und Anordnung der verschiedenen Haartypen

Bei Beal und Korschefsky findet sich eine kurze Beschreibung der Larven von *Trogoderma angustum,* die hier ergänzt und auf die verschiedenen Larvenstadien ausgedehnt werden soll. Für die Unterscheidung der verschiedenen Stadien ist aber eine genaue Kenntnis der Haarformen unerläßlich, deshalb sollen diese hier zuerst etwas genauer besprochen werden. Rein morphologisch können wir folgende Haartypen unterscheiden:

1. Glatte, ungegliederte, von einem Kanal durchzogene, geißelförmige Haare, die nur am Kopf vorkommen. Die längsten dieser Haare werden bei den erwachsenen Larven zwischen 0,55—0,75 mm lang (s. Abb. 5). Die Antennen, aber auch die Beine der Larven sind mit

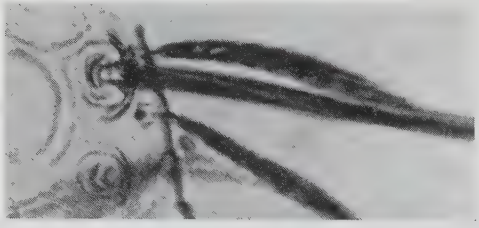

Abb. 5. „Sinneshaar" eines larvalen Kopfsegmentes

morphologisch ähnlichen, aber wesentlich kürzeren, stachelartigen Haaren besetzt, deren Größe bis zu 0,16 mm betragen kann (s. Abb. 6).

2. Der zweite Haartyp kann in eine ganze Reihe von Unterformen aufgegliedert werden, die alle durch folgende gemeinsame Merkmale charakterisiert sind. Es handelt sich um schlanke, ungegliederte, aber nicht glatte, sondern dicht mit feinen Fortsätzen versehene, distal

Abb. 6. Antenne einer erwachsenen Larve

spitz auslaufende, ziemlich starre Borsten, die über den ganzen larvalen Körper in wechselnder Anzahl verteilt sind. Nach ihrer Stellung auf dem Tergit soll zwischen an den Segmentgrenzen stehenden Lateralhaaren (Abb. 7, 8) und den in einer mehr oder minder medianen Reihe stehenden Dorsalhaaren unterschieden werden. Beide Haarformen sind gleich gestaltet. Bei den kleineren unter ihnen sind die Fortsätze spelzenartig gestaffelt (Abb. 7), während sie bei den größeren grannenartig ausgebildet sind (Abb. 8). Die Länge der Lateralhaare schwankt zwischen 0,030 und 1,2 mm. In den meisten Fällen sind sie jedoch nur zwischen 0,1 mm und 0,6 mm lang. Dagegen beträgt die Länge der Dorsalhaare, bis auf wenige Ausnahmen, wo mehr als über 1 mm Länge gemessen wurde, 0,08 bis 0,26 mm. Abbildung 9 zeigt einen Vertreter der wesentlich kleineren (0,08 mm bis 0,136 mm lange), in ihrer ganzen Struktur feineren Dorsalhaare II. Ordnung, die unregelmäßig auf den einzelnen Segmenten verteilt sind. Im Gegensatz zu den Dorsalhaaren I. Ordnung verjüngen sich diese Haare am proximalen Ende sehr stark und hinterlassen, wenn sie entfernt werden, wesentlich kleinere Insertionsstellen. Auf den Intersegmentalhäuten befinden sich ähnlich gebaute 0,08 mm bis

Abb. 7 Abb. 8 Abb. 9 Abb. 10 Abb. 11

Abb. 7. Phasenkontrastaufnahme eines Lateralhaares — Abb. 8. Lateralhaar — Abb. 9. Phasenkontrastaufnahme eines Dorsalhaares II. Ordnung — Abb. 10. Haartyp der Intersegmentalhäute — Abb. 11. Ventralhaar

0,1 mm lange Haare (Abb. 10) und auf der ventralen Seite der Larve 0,03—0,25 mm lange Haare (Abb. 11). Auch die bis zu 4 mm langen Schwanzborsten (Abb. 15) gehören zu dieser Gruppe.

3. Die Dorsalhaare II. Ordnung leiten zum dritten, äußerlich stark gegliederten, Haartyp über. Dieser wird von Voelkel bei *Trogoderma granarium* treffend als Pfeilhaar bezeichnet.

Die bei vielen Dermestidenlarven nachgewiesenen Pfeilhaare werden von Voelkel folgendermaßen beschrieben:

„Die einzelnen Glieder der Pfeilhaare haben die Form einer sechskantigen Pyramide, deren Kantenflächen etwas eingekantet erscheinen.

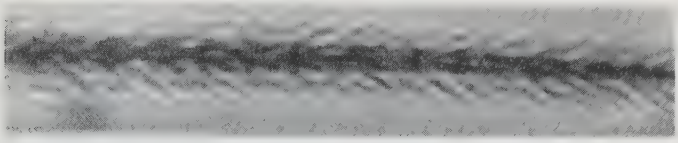

Abb. 15. Schwanzhaar

Die sechs Pyramidenecken erscheinen spitz ausgezogen und etwas hakenförmig eingekrümmt. Die einzelnen Pyramiden ruhen mit ihren abgestumpften Spitzen auf der Basis der vorhergehenden. Die Formen dieser Glieder des Haarschaftes erinnern im allgemeinen an Blütenkelche. Der Bau des Endgliedes ist dem der Einzelglieder ähnlich, nur ist es mit seiner Basis demjenigen des letzten Gliedes zugekehrt. Am anschaulichsten läßt sich die Form eines Endgliedes mit einem zusammengeklappten Regenschirm vergleichen. Die sechs Pyramidenflächen sind hier noch weiter eingebogen, als bei den Einzelgliedern. Die Spitze des Endgliedes ist abgerundet und trägt in der Mitte die Mündung des das ganze Haar durchziehenden Kanals."

Die äußere Form der Haare läßt sich am besten an der Abbildung 14 ablesen. Bei den Endgliedern sind die Pyramidenflächen je nach dem Entwicklungsstand verschieden stark eingebogen, so daß bei voll ausgebildeten Pfeilhaaren das Endglied einem gerade sich öffnenden Regenschirm gleicht (Abb. 14). Mit der Zahl der Einzelglieder, die einschließlich der Spitze 10—50 betragen können, schwankt die Länge der Haare zwischen 0,086 und 0,51 mm.

Zahlreiche Übergänge zwischen den Dorsalhaaren II. Ordnung und den Pfeilhaaren (s. Abb. 12 und 13) lassen vermuten, daß diese phylogenetisch

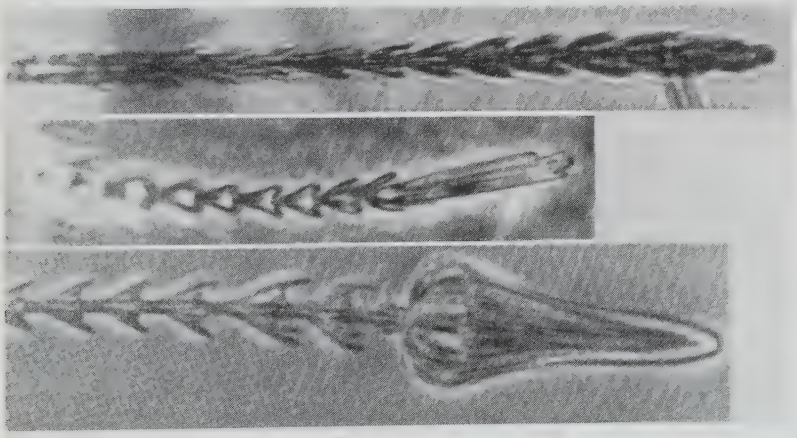

Abb. 12

Abb. 13

Abb. 14

Abb. 12 u. 13. Übergangstypen zwischen den Dorsalhaaren II. Ordnung und den Pfeilhaaren — Abb. 14. Ausgebildetes Pfeilhaar

aus ihnen hervorgegangen sind. Bestätigt wird diese Vermutung durch die sich vollkommen gleichenden Insertionsstellen.

Die von Voelkel (1925) bei *Trogoderma granarium* gemachten Beobachtungen über die Funktionen der Pfeilhaare können für *Tr. angustum* bestätigt werden. Er schreibt: „Die Haare bilden eine Art Verteidigungswaffe, indem durch deren Eigenschaft die angreifenden Feinde abgehalten und ihrerseits belästigt werden. Gleichzeitig dienen diese Haare den Larven, wenn vielleicht auch nur unbewußt und unbeabsichtigt, zum Unschädlichmachen von kleineren Insekten und, da diese Larven omnivor sind, gleichzeitig zur Erbeutung von Nahrung." Außerdem weist er den Pfeilhaaren eine wichtige Bedeutung bei der Verbreitung der Larven zu.

Der Phänotyp der einschließlich der Schwanzborsten bis 10 mm großen Larven wird durch die Lateral-, die Dorsalhaare I. Ordnung und die Pfeilhaare bestimmt. Nach der Anzahl und Verteilung dieser 3 Haartypen auf den Tergiten können die ersten acht Larvenstadien nach der beigefügten Tabelle II unterschieden werden. Die von Häutung zu Häutung wachsende Zahl der Haare läßt sich nicht nur aus der tabellarischen Übersicht ablesen, sondern auch aus den beigefügten Abbildungen 16, 17, 18 und 19.

Die Lateralhaare sind nur beim ersten Thoraxsegment auch am oberen apikalen Segmentrand lokalisiert, während sie bei allen übrigen Tergiten auf den lateralen Rand der Segmente begrenzt sind. Der Übergang zu den in einer ungefähr medianen Linie (Abb. 17 und 18) stehenden Dorsalhaaren I. Ordnung ist bei den älteren Larvenstadien fließend, so daß die Trennung beider Haartypen nicht immer eindeutig erfolgen kann. Sie wurden deshalb bei einigen Segmenten zusammengefaßt. Nach der vierten bis fünften Häutung kann die Anzahl der Lateralhaare bei einigen Larven am zweiten und auch am dritten Thoraxsegment stark erhöht sein. Gerade bei diesen Larven kommt es vornehmlich am zweiten Thoraxsegment zur Ausbildung immer stärker werdender dichter Borstenbüschelpaare, die besonders bei älteren, überliegenden Larven beobachtet wurden. Diese beschriebene Abweichung ist in der Tabelle nicht erfaßt.

Die Pfeilhaare können bei den erwachsenen Larven über das ganze Segment verteilt sein. Allerdings fällt bei allen Tergiten eine Konzentration in der lateralen, kaudalen Ecke jedes Segmentes auf. Auf den Abdominaltergiten nehmen die am kaudal gerichteten Segmentrand stehenden Pfeilhaare von lateral nach medial zahlenmäßig ab (Abb. 18). Von apikal nach kaudal nehmen sie bei allen Entwicklungsstadien stark zu, so daß vor allen Dingen die letzten vier bis fünf Tergite starke, polsterartig ausgebildete Pfeilhaarbüschel auf beiden Seiten tragen kön-

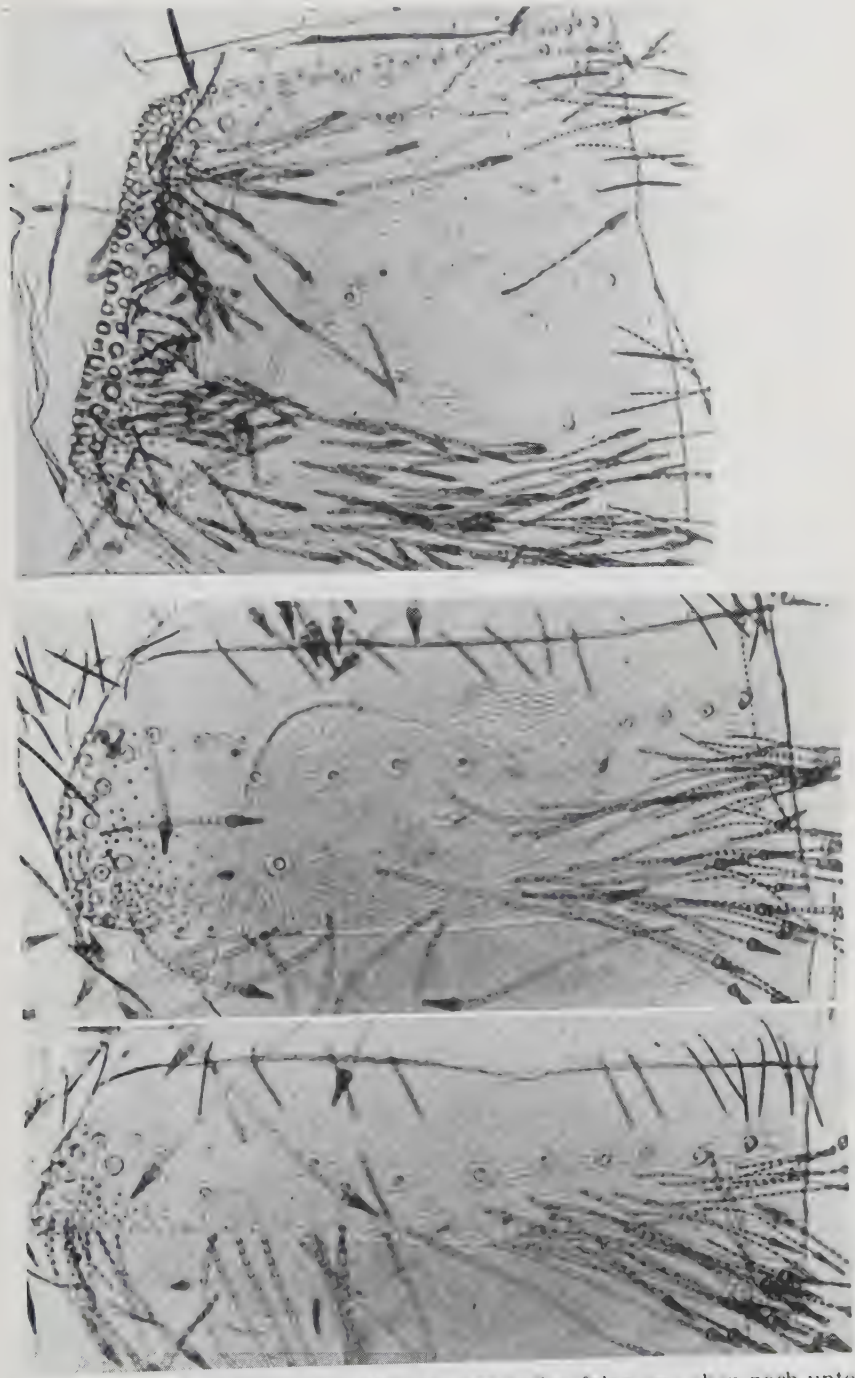

Abb. 16—18. Die Abbildungen zeigen in der Reihenfolge von oben nach unten die linke erste Thorax-, die linke dritte Thorax- und die linke erste Abdomensegmenthälfte einer erwachsenen Larve

Tabelle II: Verteilung und Anzahl der Haare auf den Segmenthälften bei den ersten acht Larvenstadien. (T_1, A_1 usw. = erstes Thorax bzw. Abdomensegment. L_1, L_2 usw. = erstes, zweites .. Larvenstadium)

	L_1	L_2	L_3	L_4
T_1	*L:* 8,0	15,8 (15—17)	26,8 (19 — 32)	41,0 (33 — 53)
	D: 6,0	3,0	3,0	3,6 (3 — 4)
	P:	8,3 (5—11)	20,5 (11 — 30)	47,8 (27 — 70)
T_2	*L:* 5,0	7,2 (6— 9)	9,7 (8 — 12)	14,1 (11 — 16)
	D: 6,0	2,0	3,4 (2 — 5)	5,7 (4 — 7)
	P:	8,3 (2—12)	14,8 (8 — 21)	38,0 (20 — 55)
T_3	*L:* 5,0	5,8 (5— 6)	8,5 (7 — 10)	11,3 (10 — 13)
	D: 6,0	2,0	3,7 (2 — 5)	6,4 (5 — 10)
	P:	6,0 (3—10)	10,8 (5 — 20)	28,2 (17 — 38)
A_1	*L:* 2,0	2,8 (2— 3)	4,0	4,3 (3 — 5)
	D: 4,0	1,4 (0 —2)	3,0 (2 — 4)	5,5 (4 — 8)
	P:	3,4 (0— 5)	8,6 (5 — 16)	22,5 (15 — 33)
A_2	*L:* 2,0	3,0 (2— 4)	4,0	5,0 (4 — 7)
	D: 4,0	1,6 (1— 2)	3,0 (2 — 4)	5,7 (4 — 8)
	P:	1,6 (0— 2)	7,7 (3 — 14)	24,5 (17 — 40)
A_3	*L:* 3,0	3,0	3,0	5,2 (4 — 8)
	D: 3,0	1,3 (0— 2)	3,0 (2 — 4)	5,0 (3 — 8)
	P:	2,0 (0— 3)	8,2 (2 — 19)	29,1 (17 — 40)
A_4	*L:* 3,0	2,4 (2— 3)	3,8 (3 — 5)	5,5 (4 — 6)
	D: 3,0	1,8 (1— 2)	2,9 (2 — 4)	5,9 (4 — 7)
	P:	2,6 (0— 3)	9,5 (5 — 20)	31,9 (18 — 53)
A_5	*L:* 3,0	3,2 (3— 4)	3,7 (3 — 5)	5,7 (4 — 8)
	D: 3,0	2,0 (1— 3)	3,7 (2 — 5)	6,5 (4 — 9)
	P:	4,3 (2— 6)	11,7 (5 — 22)	44,3 (30 — 68)
A_6	*L:* 4,0	3,7 (3— 5)	4,8 (4 — 6)	7,0 (6 — 8)
	D: 3,0	2,7 (2— 4)	3,9 (3 — 6)	6,3 (4 — 8)
	P:	15,0 (9—30)	42,7 (14 — 17)	106,4 (100-180)
A_7	*L:* 3,0	4,7 (3— 5)	5,8 (5 — 8)	8,8 (6 — 11)
	D: 3,0	2,2 (2— 3)	4,1 (3 — 6)	4,8 (3 — 8)
	P: ≈ 30,0	62,8 (40—80)	118,1 (100-180)	187,5 (100-350)
A_8	*L:* 5,0	5,4 (5— 6)	8,3 (6 — 12)	9,8 (8 — 12)
	D: 3,0	2,0	3,1 (2 — 4)	3,5 (2 — 5)
	P: ≈ 40,0	61,0 (50—70)	151,4 (100-200)	185,0 (100-300)

Noch Tabelle II

L_5	L_6	L_7	L_8	L_{9-12} für ♀ Larven
59,1 (50 – 64)	74,2 (68 – 80)	86,8 (68–98)	102,3 (96–113)	143,7 (137–148)
4,1 (3 – 5)	4,3 (3 – 6)	4,9 (3– 8)	5,7 (5– 6)	18,7 (14–22)
97,0 (75–120)	124,3 (100–200)	150,0 ca.	über 200	über 200
20,2 (16 – 25)	25,4 (20 – 29)	29,9 (25–36)	37,0 (31–40)	74,7 (61–83)
9,2 (7 – 13)	10,2 (7 – 15)	11,8 (9–16)	12,5 (8–16)	19,3 (18–22)
90,0 (70–100)	106,1 (100–150)	über 150	über 200	über 200
16,1 (15 – 19)	19,9 (17 – 23)	23,4 (15–27)	31,3 (29–36)	52,8 (48–56)
9,4 (7 – 14)	11,7 (9 – 16)	11,8 (9–16)	13,8 (11–17)	21,3 (17–26)
75,6 (50–100)	106,2 (80–150)	über 120	über 150	über 150
8,3 (6 – 10)	9,5 (6 – 12)	12,3 (7–15)	14,3 (13–16)	18,3 (14–23)
6,8 (5 – 8)	9,3 (6 – 12)	10,3 (9–14)	12,5 (9–16)	15,3 (12–19)
67,9 (48–100)	86,9 (60–120)	über 100	über 100	über 100
8,5 (6 – 10)	10,4 (8 – 13)	11,9 (8–15)	14,5 (13–16)	17,0 (14–20)
7,6 (6 – 10)	9,4 (7 – 12)	10,1 (8–12)	10,5 (7–13)	15,8 (12–20)
68,3 (50–100)	105,0 (55–150)	über 100	über 100	über 100
8,7 (6 – 10)	9,6 (7 – 12)	11,9 (8–15)	14,8 (12–18)	17,3 (15–20)
8,1 (5 – 10)	9,6 (7 – 13)	9,5 (8–12)	10,5 (8–13)	15,0 (12–17)
70,5 (50–100)	90,0 (60–110)	über 100	über 100	über 100
8,2 (6 – 10)	10,8 (8 – 13)	11,6 (8–16)	15,5 (13–19)	17,5 (16–20)
7,9 (7 – 10)	9,3 (7 – 13)	10,6 (9–15)	12,0 (8–15)	14,0 (13–16)
80,2 (50–100)	100,0 (50–150)	über 100	über 100	über 100
7,7 (6 – 9)	10,6 (9 – 12)	12,8 (11–15)	15,8 (11–21)	16,0 (11–22)
8,7 (6 – 11)	10,0 (8 – 12)	10,8 (9–14)	9,5 (7 –10)	13,5 (8–19)
103,3 (100–130)	126,7 (100–200)	über 100	über 100	über 100
9,4 (8 – 11)	12,0 (10 – 16)	14,9 (13–18)	17,5 (15–21)	15,0 (11–18)
8,3 (6 – 10)	7,6 (4 – 11)	8,4 (4–13)	9,7 (8–12)	12,0 (8–16)
175,0 (150–300)	über 200	über 200	über 200	über 200
11,7 (8 – 14)	14,0 (12 – 18)	16,8 (14–20)	18,5 (14–25)	17,7 (13–22)
6,2 (5 – 8)	4,8 (3 – 7)	5,8 (5– 8)	5,0 (3– 7)	8,7 (6–14)
über 200	über 200	über 200	über 200	über 200
14,2 (13 – 17)	} 20,0 (17 – 23)	} 22,5 (19–25)	} 26,0 (23–28)	} 28,5 (24–33)
über 200	über 200	über 200	über 200	über 200

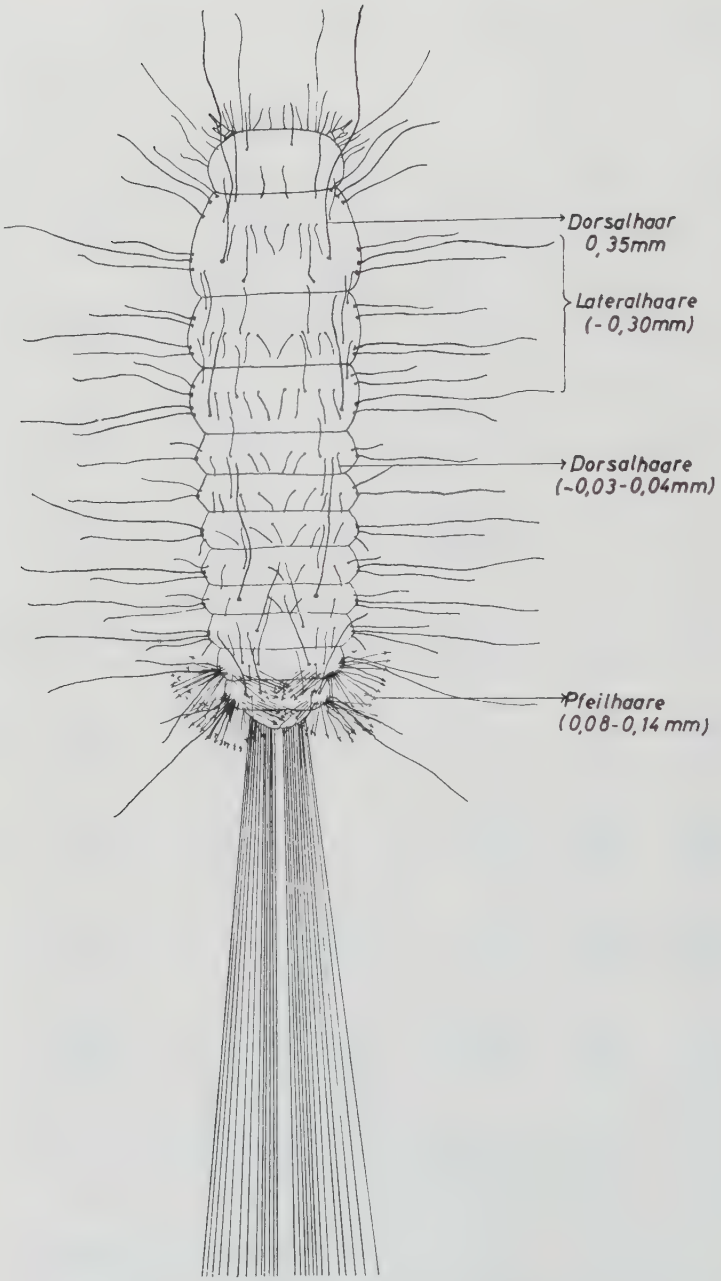

Abb. 19. Erstes Larvenstadium (Eilarve) von *Trogoderma angustum* (Sol.)

nen. Am Schwanzsegment setzen auf jeder Seite ungefähr 30 bis 40 mm lange Schwanzborsten an.

Für jedes halbe Segment werden in der tabellarischen Übersicht für Lateralhaare = L, Dorsalhaare I. Ordnung = D und für Pfeilhaare = P angegeben.

Die erste Zahl gibt den Durchschnittswert für jeden der drei Haartypen an, der jeweils aus 15 untersuchten Larven errechnet wurde. Die in Klammern stehenden Werte beziehen sich auf die bei den 15 Larven festgestellten Variationsbreite, die bis zum achten Larvenstadium auf beide Geschlechter zutrifft. Die Anzahl der Haare für das gesamte Segment ergibt sich aus der Verdoppelung der in der Tabelle angeführten Zahlen. Allerdings tauchen immer wieder gerade bei den älteren Larvenstadien geringfügige Abweichungen zwischen der rechten und linken Segmenthälfte auf. Die einzelnen Haartypen lassen sich, wurden sie entfernt, aufgrund ihrer Insertionsstellen und ihrer Verteilung auf dem Segment auseinanderhalten. Ihre Verteilung zeigen die Abbildungen 16, 17 und 18, die das linke erste und zweite Thorakal- bzw. erste Abdominalsegment einer erwachsenen Larve darstellen. Bei den letzten beiden in der Tabelle angeführten Larvenstadien sind die angegebenen Zahlen der Pfeilhaare nur als Näherungswerte zu verstehen.

Bis zum siebenten oder auch achten Larvenstadium sind Anzahl und Verteilung der Haare bei beiden Geschlechtern gleich. Erst beim Älterwerden treten bei den weiblichen Larven durch die zunehmende Größe bedingte Unterschiede auf. Bei den männlichen Larven schwankt im achten Stadium die Zahl der Haare um die angegebenen Werte, unabhängig davon, wie oft sie sich noch bis zur Verpuppung häuten.

Die weitere Erhöhung der Anzahl der Haare bei den weiblichen Larven ist am Ende der Tabelle angegeben. Die Werte werden von den weiblichen Larven nach dem neunten bis zwölften Entwicklungsstadium erreicht. Bei den überliegenden Larven nimmt beim Kleinerwerden auch die Anzahl der Haare in geringem Maße ab.

b) Larvenentwicklung

1. Über die Abhängigkeit der Gesamtentwicklungsdauer von der Temperatur, dem Geschlecht und der Nahrung

Die frisch geschlüpften Eilarven wurden einzeln oder gemeinsam bis zu 50 Stück in Glasschalen aufgezogen. Aus den Vorversuchen ergab sich, daß die Larven sich sowohl in pflanzlichen als auch in tierischen Produkten entwickeln und darin leben können. Als tierische Produkte wurden Hausfliegen, getrocknete, sezierte Mäuse mit Fell (Gelbhals- und Rötelmaus), Taubenfleisch, Vogelfedern und getrockneter Rinderdarm angeboten; an pflanzlicher Substanz wurden gestoßener Weizen, Roggen, Gerste, Reis, Mais, Haselnußkerne und Hafer als Futter benutzt. Im allgemeinen entwickelten sich

die Eilarven in jeder der genannten Futterarten, jedoch nimmt die Eignung der Nahrungsstoffe in der oben angegebenen Reihenfolge ab. Bei den dann folgenden Untersuchungen fanden nur Hausfliegen, getrocknetes Mäusefleisch, gestoßener Weizen oder eine Mischung dieser drei Produkte Verwendung.

Die Larven wurden in völliger Dunkelheit bei 24°, 26°, 28°, 30° und 32° C in mehreren Wärmeschränken, in denen eine relative Luftfeuchtigkeit von 35 bis 40 % herrschte, gehalten. Dagegen waren die unter normalen Laborbedingungen aufgezogenen Larven einer Temperaturschwankung zwischen 18° und 23° C (durchschnittliche Temperatur 20° C) und Schwankungen in der relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 40 und 55 % ausgesetzt. Ein Teil dieser Larven unterlag außerdem noch dem natürlichen Tages- und Nachtrhythmus.

Die tiefste Temperatur, bei der sich die Larven noch entwickeln, muß mit 12° C angegeben werden. Bei 12° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 80 % wurden an Mischfutter 24 Eilarven gehalten. Nach ca. 900 Tagen verpuppte sich hierin die erste männliche Larve, die aber die Puppenhaut nicht abstreifen konnte und einging. Zu diesem Zeitpunkt betrug die Mortalität der Larven 62,5 %. Die restlichen 8 Larven, die nach einem Vergleichsversuch wahrscheinlich alle fünf Larvenstadien durchlaufen hatten, wurden geteilt. 4 Larven kamen in einen Wärmeschrank bei 24° C, während die übrigen 4 Larven bei unveränderten Bedingungen weitergehalten wurden.

Alle 4 isolierten Larven häuteten sich nach 11 bis 13 Tagen einmal. 3 von ihnen verpuppten sich dann nach 23 bis 25 Tagen, die letzte jedoch erst nach 330 Tagen, nachdem sie sich weitere siebenmal gehäutet hatte. Aus allen 4 Larven gingen Weibchen hervor, die bis auf das letzte Weibchen kleiner als normal waren. Die Größe dieser Weibchen schwankte zwischen 2,52 mm und 2,70 mm. Von den restlichen bei 12° C gehaltenen 4 Larven verpuppten sich nach 1300 Tagen 2 weitere Larven zu Männchen, die aber, wie im ersten Fall, die Puppenhülle nicht abstreifen konnten und abstarben.

Hatte die Larve das Puppenstadium in einem höheren Temperaturbereich überstanden, so verlief das Abstreifen der Larvenhaut erfolgreich. Eine an Weizen einzeln gehaltene Larve lebte 1480 Tage unter den oben angegebenen Bedingungen (12° C) und hat während dieser Zeit neun Larvenstadien durchlaufen.

Die höchste Temperatur dagegen, bei der sich die Larven noch entwickelten, ist 32° C bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 35 bis 40 %. Unter diesen Bedingungen konnte nur in zwei Fällen nach 140—145 Tagen mit fünf bis sechs Häutungen eine erfolgreiche Verpuppung beobachtet werden.

Die Ergebnisse aus den übrigen untersuchten Temperaturbereichen sind in der beigefügten Tabelle III zusammengefaßt. In ihr sind nur die Entwicklungszeiten und Häutungszahlen der Larven bei ausschließlich

Tabelle III: Entwicklungsspielraum der Larven in den verschiedenen Temperaturbereichen

Temperatur 18°—22° C (Ø/19,5° C) relative Luftfeuchtigkeit 40—50 %

Entwicklungsdauer in Tagen			220—265	380			610—620
Anzahl der Larven (in %)			44 L. (88 %)	1 L. (2 %)			5 L. (10 %)
Anzahl der Häutungsstadien			4—7	9			8—10
Verhältnis der Geschlechter			16 ♂ : 28 ♀	1 ♀			2 ♂ : 3 ♀

Temperatur 24° C relative Luftfeuchtigkeit 30—40 %

Entwicklungsdauer in Tagen	65—99	112—187	223—290	300—380		516—560	625—630
Anzahl der Larven (in %)	9 L. (10,8 %)	5 L. (6 %)	6 L. (7,2 %)	52 L. (62,6 %)		6 L. (7,2 %)	4 L. (4,8 %)
Anzahl der Häutungsstadien	5—4	5—8	9—11	8—16		14—17	18—22
Verhältnis der Geschlechter	5 ♂ : 4 ♀	1 ♂ : 4 ♀	2 ♂ : 4 ♀	27 ♂ : 25 ♀		3 ♂ : 3 ♀	3 ♂ : 1 ♀

Temperatur 26° C relative Luftfeuchtigkeit 30—40 %

Entwicklungsdauer in Tagen	52—93	109—199	203—285	300—355		535	
Anzahl der Larven (in %)	33 L. (28,9 %)	43 L. (37,7 %)	17 L. (14,9 %)	20 L. (17,5 %)		1 L. (0,9 %)	
Anzahl der Häutungsstadien	4—5	5—8	7—11	10—13		15	
Verhältnis der Geschlechter	19 ♂ ; 14 ♀	19 ♂ : 24 ♀	7 ♂ : 10 ♀	8 ♂ : 12 ♀		1 ♂	

Temperatur 28° C relative Luftfeuchtigkeit 30—40 %

Entwicklungsdauer in Tagen	45—86	112—181	210—285	306—380	420—430		
Anzahl der Larven (in %)	19 L. (30, 2 %)	6 L. (9,5 %)	19 L. (30,2 %)	13 L. (20,6 %)	6 L. (9,5 %)		
Anzahl der Häutungsstadien	3—5	6—7	7—10	10—13	12—14		
Verhältnis der Geschlechter	14 ♂ : 5 ♀	3 ♂ : 3 ♀	10 ♂ : 9 ♀	6 ♂ : 7 ♀	4 ♂ : 2 ♀		

Temperatur 30° C relative Luftfeuchtigkeit 30—40 %

Entwicklungsdauer in Tagen	50—90	106—185	226—295	305—360			
Anzahl der Larven (in %)	27 L. (29,6 %)	20 L. (21,9 %)	40 L. (43,8 %)	4 L. (4,7 %)			
Anzahl der Häutungsstadien	4—6	6—10	10—18	15—21			
Verhältnis der Geschlechter	17 ♂ : 10 ♀	11 ♂ : 9 ♀	21 ♂ : 19 ♀	2 ♂ : 2 ♀			

tierischer Ernährung angegeben. Die Anzahl der mit pflanzlicher Kost ernährten Larven, die in den verschiedenen Temperaturbereichen untersucht wurden, reicht für eine statistische Auswertung nicht aus. Man kann aber in diesem Falle eine deutliche Verlängerung der Entwicklungszeiten und eine Verringerung der Häutungszahlen erkennen. Können Aussagen über diese Erscheinungen bei einer bestimmten Temperatur gemacht werden, so sind sie im Text besonders erwähnt. Jeweils in der ersten Spalte der Tabelle jedes Temperaturbereiches wird für die kürzeste Entwicklungsdauer die Häutungszahl für beide Geschlechter getrennt aufgeführt. Für die folgenden Zeiträume lassen sich solche getrennten Angaben kaum angeben, da mit fortschreitender Entwicklungszeit die Anzahl der Larvenstadien und damit die Häutungszahlen schwankten. So konnten sich die männlichen Larven bei ungefähr gleicher Entwicklungszeit und gleicher Ernährung seltener oder öfter häuten als weibliche.

Im ersten Temperaturbereich von ca. 19,5° C dauerte sowohl für die männlichen als auch für die weiblichen Larven die kürzeste Entwicklungszeit (also von der Eilarve bis zur Verpuppung) 220 Tage bei tierischem und 240 Tage bei pflanzlichem Futter. Die Geschlechter ließen sich durch die Anzahl der Häutungen unterscheiden. Im ersten Falle, also bei tierischem Futter, machten die männlichen Larven vier bis fünf, die weiblichen Larven fünf bis sechs Häutungen durch, während im zweiten Falle, also bei vegetabilischer Nahrung, die männlichen Larven fünf und die weiblichen Larven sechs Larvenstadien bis zur Verpuppung brauchten. 88 % (= 44 Stück) der mit tierischer Kost ernährten Larven entwikkelten sich in einem Zeitraum zwischen 220 und 265 Tagen, soweit es sich um Männchen handelte, mit vier bis fünf Häutungen, und mit fünf bis sieben Häutungen, wenn es Weibchen waren. Dabei konnte bei gleicher Entwicklungszeit bei den weiblichen Larven die Zahl der Häutungen durchaus verschieden sein. Sie konnte bei einer Entwicklungszeit von 230 Tagen fünf, sechs oder sieben betragen. Eine Larve verpuppte sich nach 380 Tagen nach neun Häutungen und 10 % der Larven (= 5 Individuen) verpuppten sich nach neun bis zehn Häutungen in 620 Tagen.

Bei pflanzlichem Futter verpuppten sich 70,6 % der Larven (= 12 Stück) zwischen 240 und 290 Tagen mit konstanten Häutungszahlen. Die männlichen Larven häuteten sich fünfmal und die weiblichen Larven immer sechsmal. Eine weibliche Larve verpuppte sich nach 380 Tagen nach neun Häutungen. 23,5 % (= 4 Stück) der Larven verpuppten sich innerhalb 615 Tagen nach acht bis neun Häutungen. Merkwürdigerweise betrug die Mortalität der einzeln gehaltenen Larven bei tierischer Ernährung 24 %, bei pflanzlicher Ernährung 15 %. Die gemeinsam aufgezogenen Larven hatten eine höhere Sterblichkeit. Sie lag zwischen 60 und 65 %.

Im Gegensatz zum vorgenannten Temperaturbereich dauerte die kürzeste Entwicklungszeit animalisch ernährter Larven bei 24° C 66 Tage. Dies für beide Geschlechter und gleicher Zahl der Häutungen. Auch hier wurde bei pflanzlicher Ernährung die Entwicklung um mindestens 10 Tage hinausgeschoben. Die Anzahl der Häutungen stimmte aber mit der der ersten Gruppe überein. Die Mortalität der gemeinsam gehaltenen Larven betrug 54—64 %. Eine männliche Larve, die aus Platzgründen nicht in Tabelle III aufgenommen werden konnte, verpuppte sich mit einem Alter von 710 Tg. nach 21 Häutungen.

Bei 26° C konnte sich die Entwicklungszeit animalisch ernährter Tiere, allerdings nur bei den männlichen Larven, auf 52 Tage verkürzen. Die Larven häuteten sich viermal. Die ersten weiblichen Larven verpuppten sich frühestens nach 60 Tagen nach ebenfalls vier Häutungen. Bei pflanzlicher Ernährung wurden die ersten Verpuppungen nach 185 Tagen mit sieben bis acht Häutungen festgestellt. Die Mortalität bei den gemeinsam gehaltenen Larven schwankte zwischen 51,5 % und 53,8 %.

Auch bei 28° C gingen bei tierischer Ernährung der Larven nach drei Häutungen aus den Larven nach der kürzesten Entwicklungszeit von 45 Tagen nur männliche Puppen hervor. Die ersten weiblichen Larven verpuppten sich bei gleicher Ernährung frühestens nach 70 Tagen und hatten dabei fünf Häutungen durchgemacht. Bei pflanzlicher Ernährung dauerte die kürzeste Entwicklungszeit für weibliche und männliche Larven 86 Tage mit vier bis fünf Häutungen. Bei den gemeinsam und einzeln gehaltenen Larven schwankte die Mortalität zwischen 37 % und 55 %. Auffällige Unterschiede in der Mortalität wie in den anderen Temperaturbereichen waren hier zwischen diesen beiden Gruppen nicht festzustellen. Bei 28° C wurde mit 45 Tagen nicht nur die kürzeste, sondern mit 1420 Tagen auch die längste Entwicklungszeit beobachtet, die nur noch von einer bei 12° C gehaltenen Larve unwesentlich um 60 Tage übertroffen wurde. Die beiden zuletzt genannten Tiere vollendeten ihre Entwicklung jedoch nicht.

Bei 30° C dehnte sich die kürzeste Entwicklungszeit auf 50 Tage aus. Auch hier kamen ausschließlich männliche Larven zur Verpuppung, die vier Larvenhäute abgelegt hatten. Die ersten weiblichen Puppen traten erst nach 60 Tagen auf, sie hatten fünf Häutungen vollendet. Die Mortalität schwankte zwischen 23 % und 54 %.

Wie sich aus der Zusammenstellung ergibt, war die kürzeste durchaus nicht auch die optimale Entwicklungszeit, in der sich die meisten Larven verpuppten. Bei allen berücksichtigten Temperaturen bestand zwischen der kürzesten und der längsten Entwicklungszeit ein weiter Spielraum, der sich im einzelnen aus der Tabelle entnehmen läßt. Im unteren und oberen Temperaturbereich verringerte sich dieser Spielraum, der zwi-

schen 24° C und 26° C am größten ist, wieder. Die beigefügten Kurven 7—11 (Abb. 20) zeigen für jeden Temperaturbereich ein Maximum, in dem die Zahl der sich verpuppenden Tiere am größten ist. Vor diesem Höhepunkt ist meist ein zweiter kleinerer feststellbar.

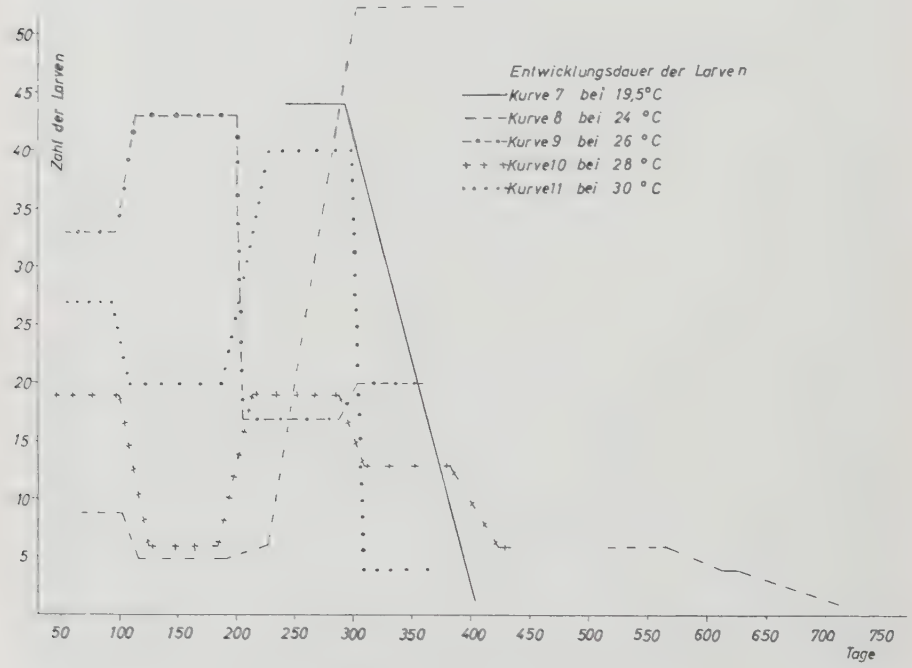

Abb. 20. Weitere Erklärungen siehe Text

Nach jedem Maximum folgt meist jeweils ein Minimum, in dem sich nur wenige Larven verpuppen.

Neben der Temperatur konnte auch die Ernährung den Zeitraum, in dem sich die Larven entwickelten, beeinflussen. Gerade bei der Verwendung weniger geeigneten Futters kann sich der optimale Entwicklungsbereich ebenso ändern wie der Spielraum zwischen kürzester und längster Entwicklungszeit. Im Hinblick auf die kürzeste Entwicklungszeit kann für den 19,5° bis 24° C-Temperaturbereich, pflanzliche Ernährung vorausgesetzt, mit 10—20 Tagen angegeben werden. Der ausgedehnte Entwicklungsspielraum in der Gesamtentwicklung ist auch bei den Larven mit vegetabilischer Ernährung eindeutig nachweisbar. Auch die Art der Aufzucht konnte sich auf die Entwicklung auswirken. Bei 26° C und 30—40 % relativer Luftfeuchtigkeit zeigten gemeinsam auf-

gezogene Larven ein anderes Entwicklungsmaximum als die einzeln gehaltenen. Bei einer Aufzucht von über 100 gemeinsam gehaltenen Larven wurden folgende Entwicklungszeiten beobachtet:

Entwicklungszeit in Tagen	Anzahl der Larven (Anz. d. Larv. in %)	Geschlechtsverhältnis Männchen	:	Weibchen
53— 99 Tage	16 Larven (18,0 %)	8	:	8
135—160 Tage	4 Larven (4,5 %)	1	:	3
230—290 Tage	69 Larven (77,5 %)	28	:	41

Verpuppten sich zwischen 19,5° C und 24° C in der kürzesten Entwicklungszeit sowohl männliche als auch weibliche Larven, so traten zwischen 26° C und 30° C in dieser Zeit ausschließlich männliche Larven in dieses Stadium ein. Die weiblichen Larven verpuppten sich mit einer Verzögerung von 8 Tagen bei 26° C, von 25 Tagen bei 28° C und 10 Tagen bei 30° C. Das Verhältnis der Geschlechter fällt bei der kürzesten Entwicklungszeit immer (Ausnahme bei 19,5° C) zugunsten der männlichen Larven aus und gleicht sich mit zunehmender Entwicklungszeit mehr und mehr aus.

Dagegen konnte eine Beeinflussung der Entwicklungsgeschwindigkeit durch das Licht in keinem Temperaturbereich nachgewiesen werden. Eine Änderung der Luftfeuchtigkeit von 35—40 % auf 70—80 % blieb ebenfalls ohne erkennbare Wirkung auf die Larvenentwicklung. Bei einer weiteren Erhöhung der Luftfeuchtigkeit schimmelte das Futter, so daß die Versuche abgebrochen werden mußten. Bei der Koppelung einer hohen Temperatur über 28° C und einer hohen Luftfeuchtigkeit über 85 % konnte keine Entwicklung mehr festgestellt werden.

2. Überliegen der Larven

Die in der Tabelle für die jeweilige Temperatur angegebenen Werte für die längste Entwicklungsdauer konnten von wenigen Larven überschritten werden, die sich dann aber nicht mehr erfolgreich verpuppen konnten. Die meisten von ihnen blieben in der letzten Larvenhaut während der Häutung stecken. Sie konnten die Dorsalnaht wohl noch sprengen, sich aber nicht mehr von der Exuvie befreien. Für diese überliegenden Larven wurden folgende Zeiten und Häutungszahlen ermittelt:

Temperatur	Lebensdauer in Tagen	Anzahl der Häutungsstadien	Geschlecht	Futter
12° C	1480	9	—	Weizen
24° C	702	14	weibl.	Weizen
24° C	702	20	männl.	Weizen
24° C	720	17	männl.	Weizen
24° C	815	25	weibl.	Fliegen
24° C	886	19	männl.	Weizen
24° C	914	20	weibl.	Weizen
28° C	495	19	weibl.	Weizen
28° C	1420	28	männl.	Gelbhalsmaus
30° C	400	17	männl.	Fliegen

Ein weiterer Teil der Larven geht während oder gegen Ende der normalen Entwicklung ein. Aus Messungen der abgelegten Larvenhäute ergab sich, daß die meisten der überliegenden Larven in der Größe abnahmen, nachdem sie einen Höhepunkt erreicht und diesen eine Zeitlang durch mehrere Larvenstadien hindurch eingehalten hatten. Folgende Beispiele können angegeben werden:

Während einer Entwicklungszeit von 940 Tagen bei 24° C häutete sich eine Larve zwanzigmal. Nach dem Ablegen von neun Larvenhäuten hatte die Larve mit 6,12 mm ihre größte Länge erreicht, die bis zur vierzehnten Häutung ungefähr gleich blieb. Bei den sechs folgenden Häutungen setzte die Larve allmählich auf eine Größe von 5,10 mm zurück. Eine andere weibliche Larve lebte bei 28° C 495 Tage und häutete sich neunzehnmal. Nach der neunten Häutung hatte die Larve eine Größe von 6,60 mm erreicht, die bis zur vierzehnten Häutung erhalten blieb. Danach verminderte die Larve ihre Größe bis auf 3,96 mm. Eine männliche Larve erreichte bei 30° C mit einer Länge von 4,98 mm nach der siebenten Häutung ihren Höhepunkt und setzte anschließend allmählich auf 3,24 mm zurück. Die Lebensdauer betrug 398 Tage.

Wie die Untersuchungen zeigen, haben die Larven in den verschiedenen Temperaturbereichen keine konstante Gesamtentwicklungsdauer, diese verteilt sich vielmehr auf einen weit gefaßten Entwicklungsbereich, der z. B. bei 24° C zwischen 65 Tagen und 710 Tagen liegt. Ob ökologische, also exogene Faktoren bestimmen, wann die Larve sich innerhalb dieses Zeitraumes verpuppen soll, konnte nicht nachgewiesen werden. Änderte man bei den erwachsenen Larven die ökologischen Faktoren Temperatur und Luftfeuchtigkeit, so behielten sie ihren Spielraum in der Entwicklung bei. Gerade die bei 12° C gehaltenen und in 24° C überführten Larven lassen die Vermutung aufkommen, daß diese weite Streuung des

Entwicklungszeitraumes erblich fixiert ist: wie wäre sonst die Beobachtung zu erklären, daß von den vier Larven sich drei nach 25 Tagen und eine sich erst nach 360 Tagen verpuppte, obwohl alle gleichen ökologischen Bedingungen ausgesetzt waren. Ebenso waren in den übrigen Temperaturbereichen die ökologischen Faktoren für alle Larven gleich, so daß die Umweltbedingungen für die unterschiedliche Gesamtentwicklungsdauer der einzelnen Larven kaum verantwortlich gemacht werden können. Vielleicht handelt es sich um eine Sicherheitsmaßnahme. Sollten die Bedingungen für die erste Gruppe der schlüpfenden Käfer für die Fortpflanzung ungünstig sein, so verbleibt immer noch ein Restbestand an Larven, die sich zu einem späteren Zeitpunkt verpuppen können und vielleicht bessere Bedingungen für die Fortpflanzung antreffen könnten.

c) Widerstandsfähigkeit der Larven unter extremen Bedingungen

1. Hungerfestigkeit

350 adulte Larven wurden in Gruppen zu je 50 Tieren ohne Futter bei Zimmertemperatur (18—24° C) gehalten. Die Lebensdauer der Larven läßt sich aus der folgenden Übersicht entnehmen:

Lebensdauer der Larven ohne Futter in Tagen	Durchschnittliche Mortalität in %	Streuung der Mortalität bei den verschiedenen Gruppen
135	67,1 %	(58— 74 %)
180	80,3 %	(74— 90 %)
220	87,7 %	(82— 96 %)
280	91,3 %	(86— 98 %)
330	92,0 %	(86— 98 %)
360	92,9 %	(86— 98 %)
460	97,1 %	(94— 98 %)
500	98,3 %	(96—100 %)
620	98,5 %	(98—100 %)
700	100,0 %	

Bei diesen Werten ist zu berücksichtigen, daß diese Larven die Möglichkeit hatten, ihre eingegangenen Artgenossen zu fressen.

3,1 % der Larven (10 Weibchen und 1 Männchen) verpuppten sich erfolgreich. Je 1 Weibchen schlüpfte nach 180 Tagen bzw. 360 Tagen, 7 Weibchen und 1 Männchen nach 450—500 und 1 Weibchen nach 700 Tagen.

In keinem Falle konnte beobachtet werden, daß die unbeweglichen Puppen angefressen wurden. Einzeln gehaltene Larven, die also keinerlei Nahrung aufnehmen konnten, lebten bei Zimmertemperatur (18 bis 24° C) 280—421 Tage, bei 24° C 120—300 Tage und bei 28° C 120—290 Tage.

In keinem Temperaturbereich häuteten sich die Larven öfter als viermal, meist aber nur ein- bis zweimal. Für *Tr. angustum* trifft also nicht die von Voelkel bei *Trogoderma granarium* gemachte Beobachtung zu, daß ohne Nahrung gehaltene Larven sich sehr oft häuten. Von den isolierten Larven, bei jeder Temperatur waren es jeweils 10, schlüpften bei Zimmertemperatur 1 Weibchen nach 330 Tagen, bei 24° C 1 Weibchen nach 56 Tagen und 2 Weibchen nach 120 Tagen und bei 28° C nach 120 Tagen 2 Weibchen und 1 Weibchen nach 235 Tagen.

2. Kälteresistenz

Um die Kältefestigkeit erwachsener Larven zu prüfen, wurden in einem Freilandversuch 50 mit Futter versehene Larven in einer offenen Petrischale den wechselnden Temperaturen ausgesetzt. Die Petrischale wurde mit einer großen (Durchmesser 25 cm) flachen, als Regen- und Windschutz dienenden Glasschale bedeckt. Die durchschnittliche nächtliche Temperatur betrug von Ende Dezember bis Anfang März minus 4,7° C (errechnet aus 20 Messungen) und schwankte zwischen minus 1° C und minus 11° C. Tagsüber lag der durchschnittliche Temperaturwert bei plus 9,1° C und konnte zwischen minus 4° C und plus 16° schwanken.

Nach 45 Tagen waren 5 Larven tot und 12 geschädigt. Die Kälteschäden machten sich bei den 12 Larven vor allen Dingen am Abdomen bemerkbar. Die Ventralseite war stark eingefallen, so daß die stark chitinisierten Tergite überstanden. Ferner waren einige Extremitäten nicht mehr voll funktionstüchtig. Als nach 70 Tagen der Versuch abgebrochen wurde, waren 7 Larven eingegangen und 15 geschädigt. Die übrigen 28 Larven waren unversehrt.

d) Häutung und Wachstum der Larven

1. Abhängigkeit der Häutungszahlen von Geschlecht, Entwicklungsdauer, Nahrung und Temperatur

Die Larven weisen, wie bereits erwähnt, inkonstante Häutungszahlen auf, die je nach den Versuchsbedingungen zwischen drei und achtundzwanzig schwanken können. Die tatsächliche Anzahl der Häutungen hängt, wie auch bei einigen anderen Insektenarten nachgewiesen wurde (Voelkel, 1925 und Titschak, 1926), vom Geschlecht, der Entwicklungsdauer und der Nahrung ab.

Unterschiedliche Häutungszahlen zwischen den Geschlechtern treten bei *Tr. angustum* nur in den kürzesten Entwicklungsbereichen auf. Bei animalischer Ernährung kann dieser Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Larven bei

19,5° C	1	bis	3	Häutungen
24,0° C		bis	1	Häutung
26,0° C		bis	1	Häutung
28,0° C	1	bis	2	Häutungen
30,0° C			1	Häutung

betragen.

Mit zunehmender Entwicklungsdauer variiert die Zahl der Häutungen, so daß bei ungefähr gleicher Entwicklungszeit und gleicher Ernährung die weiblichen Larven weniger oder mehr Häute ablegen konnten als die männlichen Larven oder umgekehrt. Wie sich aus den Häutungszahlen, die in der Tabelle III über die Entwicklungsdauer der Larven angegeben werden, ablesen läßt, können wesentlich ältere Larven, unabhängig vom Geschlecht, weniger Häute ablegen als jüngere Larven. Ebenso gibt die Tabelle die Abhängigkeit der Anzahl der Häutungsstadien von der Entwicklungsdauer wieder. Die in den einzelnen Spalten angegebenen Häutungszahlen geben jeweils die Variationsbreite innerhalb eines bestimmten Entwicklungszeitraumes an, wobei die kleinste Zahl nur in der ersten Spalte auch mit der kürzesten Entwicklungszeit übereinstimmt. Je länger die Entwicklung dauert, um so mehr gilt sowohl die geringste als auch die höchste Häutungszahl für den in der Spalte angegebenen kleinsten und größten Wert der Entwicklungsdauer.

Welche Beziehung zwischen der Art der Nahrung und den Häutungszahlen der Larven besteht, läßt sich aus der folgenden Zusammenstellung ablesen. Die in der Tabelle angegebenen Werte gelten für Larven, die bei 24° C und 30—40 %iger Luftfeuchtigkeit aufgezogen wurden.

Entwicklungsdauer in Tagen	Anzahl der Häutungsstadien b. tier. Futter (Fliegen)	Anzahl der Häutungsstadien b. pflanzl. Futter (Weizen)	Differenz
50— 89	4— 6	4— 6	
100—200	6— 9	6— 8	0—1
—300	9—13	8—10	1—3
—400	13—16	10—12	3—4
—600	15—19	12—13	3—6
—700	18—22	14—15	4—7

Die Larven machen von einem bestimmten Alter an, das bei 24° C zwischen 100 und 200 Tagen liegt, bei tierischer, also optimaler Ernährung, mehr Häutungen durch als bei pflanzlicher Ernährung. Mit zunehmender Entwicklungsdauer werden die Unterschiede immer größer. Für die übrigen Temperaturbereiche gilt ebenfalls, daß die Zahl der Häutungen mit fortschreitendem Alter der Larven bei pflanzlicher Ernährung abnimmt. Vergleicht man den Entwicklungszeitraum von 220 bis 290 Tagen bei 19,5° C mit dem bei 30° C und die Zahlen der während dieser Zeit abgelegten Larvenhäute von vier bis sieben bzw. von zehn bis achtzehn miteinander, so sieht man, daß auch die Temperatur die Zahl der Häutungen beeinflussen kann. Die Untersuchungen von Kreyenberg (1929) an *Dermestes lardarius* und *vulpinus* und von Herfs (1936) an *Anthrenus fasciatus* bestätigen die Vergrößerung der Häutungszahlen durch Temperaturerhöhung.

2. Abhängigkeit der Häutungsintervalle von Ernährung und Entwicklungsdauer

Da durch eine Untersuchung der Häutungsintervalle genauere Angaben über die Verringerung der Häutungszahlen bei pflanzlicher Ernährung gemacht werden können, wurden Larven bei 24° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 30—40 % näher untersucht. Ein Teil der einzeln gehaltenen Larven wurde ausschließlich mit getrockneten Fliegen und der andere Teil mit gestoßenem Weizen aufgezogen. Die Temperatur von 24° C wurde deshalb gewählt, weil hier Larven mit besonders langen Entwicklungszeiten erwartet werden konnten. Es wurden nur die Larven berücksichtigt, die während ihrer Entwicklung mindestens zehn bis zwölf Häutungen durchgemacht hatten. Gemessen wurde der Zeitraum, der zwischen zwei Häutungen liegt. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse befindet sich in Tabelle IV. Die Spalte 2 der Tabelle gibt den kleinsten und größten Wert für ein Häutungsintervall an. In der 3. Spalte sind die errechneten Durchschnittswerte angegeben, die mit tierischer Ernährung bis zum dreizehnten Stadium an 10 Larven (bis zum zehnten an 7 Larven), bis zum achtzehnten an acht (bis zum zwölften an 6) und bis zum einundzwanzigsten Stadium an vier (bis zum fünfzehnten an 4 Larven) gewonnen wurden. Die in Klammern angegebenen Werte gelten für Larven mit pflanzlicher Ernährung. Männliche und weibliche Larven unterscheiden sich in den Häutungsintervallen kaum, so daß sie in der Tabelle zusammen aufgeführt werden.

Aus der letzten Spalte läßt sich schließlich die bis zu einem bestimmten Larvenstadium verstrichene durchschnittliche Entwicklungszeit der Larven ablesen. Faßt man die sich im Abstand ähnelnden Häutungsintervalle zusammen, so erhält man bei beiden Gruppen zumindest eine

Tabelle IV: Vergleich der Häutungsintervalle bei Larven mit tierischer oder pflanzlicher Ernährung

zwischen Stadium		Häutungsintervalle in Tagen b. Larven m. tier. Ernährung		bisherige Entwicklungsdauer in Tagen (⌀)	Häutungsintervalle in Tagen b. Larven m. pflanzl. Ernährung		bisherige Entwicklungsdauer in Tagen (⌀)
		Schwankung	Durchschnitt		Schwankung	Durchschnitt	
0	— I	5— 11	7,4	7,4	10— 12	11,0	11,0
I	— II	10— 15	13,0	20,4	11— 13	12,4	23,4
II	— III	8— 18	12,5	32,9	12— 15	12,7	36,1
III	— IV	10— 20	13,3	46,2	13— 18	14,0	50,1
IV	— V	13— 35	19,3	65,5	19— 26	22,1	72,2
V	— VI	17— 39	24,2	89,7	23— 86	42,9	115,1
VI	— VII	5— 51	27,8	117,5	41— 75	51,9	167,0
VII	— VIII	13— 81	37,2	154,7	34— 74	49,3	216,3
VIII	— IX	22— 62	36,9	191,6	38— 79	54,3	270,6
IX	— X	18— 46	31,1	222,7	33— 84	50,5	321,1
X	— XI	12— 40	29,6	252,3	30— 79	40,2	361,3
XI	— XII	26— 34	29,4	281,7	44—170	100,5	461,8
XII	— XIII	22— 57	31,3	313,0	40—185	103,7	565,5
XIII	— XIV	23—165	75,4	388,4	54— 127	81,0	646,5
XIV	— XV	28—126	56,3	444,7	30— 59	44,5	691,0
XV	— XVI	25— 94	47,8	292,5	29— 35	32,0	723,0
XVI	— XVII	30— 97	55,0	547,5			
XVII	— XVIII	24— 42	29,4	576,9			
XVIII	— XIX	25— 27	26,0	602,9			
XIX	— XX	20— 33	25,3	628,2			
XX	— XXI	21— 36	28,5	656,7			

Dreiteilung, die in der folgenden Zusammenfassung hervorgehoben wird:

Ernährung der Larven	Häutungs-stadien	Häutungsintervalle in Tagen	Durchschnittl. Entwicklungs-zeit in Tagen
Fliegen	I— IV	7,4— 13,3	bis 46,2
	VII— XIII	27,8— 36,9	117,5—313,0
	XIV—XVII	47,8— 75,4	388,4—547,5
Weizen	I— IV	11,0— 14,0	bis 50,1
	VI— XI	40,2— 54,3	115,1—361,3
	XII— XIV	81,0—103,7	461,8—646,5

Die in der Tabelle nicht erfaßten Larvenstadien können als Übergangsstadien zu einem der 3 Abschnitte angesehen werden, so z. B. das Stadium V und VI in der ersten Gruppe und das Stadium V in der zweiten Gruppe. Daß die Häutungsintervalle gegen Ende der Gesamtentwicklungszeit wieder abnehmen, ist für beide Gruppen wahrscheinlich, wenn auch die in der Tabelle angegebenen Werte sich nur auf die Untersuchung von jeweils 4 Larven stützen können. Eine Verzögerung der Häutungen beginnt bei vegetabilischer Ernährung der Larven erst nach der fünften bis sechsten Häutung. Sie beträgt bei der sechsten 25,4 Tage, bei der siebenten 49,5 Tage, bei der achten 61,6, bei der neunten 79,0, bei der zehnten 98,4, bei der elften 109,0, bei der zwölften 180,1, bei der dreizehnten 252,5, bei der vierzehnten 258,1 und bei der fünfzehnten Häutung 246,3 Tage. Die Verlängerung der Häutungsintervalle vom fünften bis sechsten Larvenstadium an ist also für die Verringerung der Häutungszahlen bei pflanzlicher Ernährung verantwortlich. Vergleicht man beide Larvengruppen, so fällt auf, daß die ersten vier Häutungen bei beiden in der relativ kurzen Zeit von 46,2 bzw. 50,1 Tagen erfolgen, im Gegensatz zu den folgenden Häutungen. Diese Tatsache trifft für alle Larven, die sich bei tierischer Ernährung zwischen 24° C und 30° C entwickelten, zu, unabhängig davon, ob sie sich nach der vierten oder erst nach der zwanzigsten Häutung verpuppten. Addiert man zu den 46,2 bzw. 50,1 Tagen die Zeit, die zwischen der letzten Häutung und der Verpuppung liegt, so erhält man ungefähr die jeweils kürzeste larvale Entwicklungsdauer.

Diese Zeit beträgt durchschnittlich 23,1 Tage und kann zwischen 13 und 38 Tagen schwanken. Allerdings wurde bei einer bei 24° C mit Weizenkörnern aufgezogenen weiblichen Larve nach einer 337 Tage dauern-

den Entwicklung eine Zeit von 217 Tagen gemessen. Die sich anschließenden verlängerten Häutungsintervalle werden von den Larven bis zu einer Entwicklungsdauer von 313 bzw. 361,3 Tagen eingehalten. Sie haben dann den Entwicklungszeitraum erreicht, wo sich die meisten Larven bei 24° C verpuppten (vergleiche Kurven und Tabelle). Verpuppten sich die Larven in diesem Zeitraum nicht, so überbrücken sie die anschließende Entwicklungszeit mit noch größeren Häutungsintervallen. Von diesem Zeitpunkt an kann von einem Überliegen der Larven gesprochen werden. Sie können sich noch verpuppen, gehen aber meist nach einer Größen- und Häutungsintervallabnahme, die nach ungefähr 600 Tagen einsetzt, ein. Inwieweit diese Ausführungen auf die übrigen Temperaturbereiche übertragen werden können, kann nicht beurteilt werden, da entsprechende Untersuchungen nicht durchgeführt wurden.

3. Größenwachstum der Larven

Da die Larven sich unterschiedlich oft häuten, liegt die Frage nach der Beziehung zwischen dem Größenwachstum der Larve und der Anzahl der Larvenstadien nahe.

Zur Klärung dieser Frage wurden Messungen der Larvenhäute von *Tr. angustum* vorgenommen, da die lebenden Tiere sowohl in der Ruhe als auch in der Bewegung in verschiedenem Grade gestreckt waren. Die Messungen wurden auf zweifache Weise durchgeführt.

Um einen groben Überblick über das Gesamtwachstum zu erhalten, wurden die Larvenexuvien auf einem Objektträger gestreckt, so daß die Intersegmentalhäute zwischen den einzelnen Tergiten sichtbar wurden, und dann vermessen. Diese Untersuchungen ergaben, daß die männlichen Larven von der siebenten bis achten Häutung (Ausnahme sechste Häutung) mit einer Größe von 3,90 bis 4,80 mm und die weiblichen Larven nach der achten bis zehnten Häutung mit einer Größe von 5,70 bis 6,60 mm ihren Wachstumshöhepunkt erreichen. Diese Werte gelten selbstverständlich nur für Larven, die während ihrer larvalen Existenz eine höhere Anzahl von Häutungen erreichen als oben angegeben. Ebenso läßt sich nach der neunten bis zehnten Häutung aufgrund der Länge der Exuvien entscheiden, ob aus den Larven männliche oder weibliche Imagines hervorgehen werden. Ist eine Exuvie länger als 5,10 bis 5,40 mm, so wird aus der Larve nach der Verpuppung ein weiblicher Käfer hervorgehen. Die männlichen Larven überschreiten diesen Wert, unabhängig davon, wie oft sie sich häuten, nie. Die nach der oben beschriebenen Methode erhaltenen Werte bestätigten sich durch die zweite genauere Methode.

Hierbei wurden die einzelnen Segmenthälften der in Caedax eingebetteten Larvenhäute der Länge und Breite nach mikroskopisch vermessen. Die Breite wurde an der Dorsalnaht und die Länge zwischen dieser und dem äußeren Segmentrand gemessen. Die Vergrößerung der einzelnen Tergite in einem Häutungsintervall wurde in der folgenden Tabelle V getrennt nach Geschlechtern in Prozenten angegeben. Die oberen Werte in jeder Reihe geben die errechneten Durchschnittswerte von 4 ausgemessenen Weibchen, die untere Reihe die entsprechenden Maße für 3 Männchen an. Fehlen Angaben, so konnten die entsprechenden Segmente nicht gemessen werden. Die oben benutzten Larven verpuppten sich nach der siebenten oder achten Häutung.

Über Häutungsintervalle und Wachstum kann zusammenfassend folgendes gesagt werden:

Beide Geschlechter durchlaufen, unabhängig von ihrer tatsächlich erreichten Häutungszahl, nicht nur die ersten vier bis fünf Larvenstadien in der kürzesten Zeit, sondern sie nehmen auch zwischen den einzelnen Häutungen an Größe maximal zu (siehe Tabelle). Nach der siebenten oder achten Häutung bei den männlichen Larven bzw. achten bis zehnten Häutung bei den weiblichen Larven, wenn also der Wachstumsgipfel erreicht ist, nimmt die Größenzunahme stetig ab. Bei allen sich anschließenden Larvenstadien tritt entweder keine oder nur noch eine minimale Größenzunahme auf, und es kann auch zu einer Größenabnahme kommen. Titschack (1926) kommt bei seinen Untersuchungen über das Wachstum bei *Tineola biselliella Hum.* zu ähnlichen Ergebnissen.

Setzt man die Dreiteilung, die sich bei den Häutungsintervallen ergibt, in Beziehung zum Wachstum, so kann das gesamte Larvendasein von *Tr. angustum* in drei Abschnitte gegliedert werden.

1. Hauptentwicklungsphase

   Sie umfaßt eine Zeit schnellen Wachsens mit relativ zahlreichen, dicht aufeinanderfolgenden Häutungen.

2. Reifephase

   Sie umfaßt die Zeit schwächeren oder stagnierenden Wachsens mit relativ seltener werdenden, durch größere Intervalle getrennten Häutungen.

3. Alterungsphase

   Das Wachstum während dieser Zeit stagniert oder nimmt ab. Die Häutungsintervalle vergrößern sich weiter, um sich gegen Ende dieser Phase, die meist mit dem Absterben der Larven endet, wieder zu verkürzen.

Tabelle V: Längen- und Breitenwachstum der Tergite männlicher und weiblicher Tiere während ihres Larvendaseins in Prozenten ausgedrückt

Häutungsintervalle	I. Thoraxsegment		II. Thoraxsegment		III. Thoraxsegment		I. Abdomensegment		II. Abdomensegment		III. Abdomensegment		IV. Abdomensegment		V. Abdomensegment		VI. Abdomensegment		VII. Abdomensegment		VIII. Abdomensegment	
	L.	Br.	L.	Br.	L.	Br.	L.	Br.	L.	Br.	L.	Br.	L.	Br.	L.	Br.	L.	Br.	L.	Br.	L.	Br.
I —II	29,0	28,4	27,3		27,0	15,9	28,3	32,5	25,3	12,9	18,0	12,9	22,2	37,8	21,3		22,1	26,7	26,4	20,5	20,2	13,7
II —III	27,6	26,3	28,6	29,1	30,1	31,6	29,3	38,0	28,8	39,7	31,3	44,3	33,2	38,5	31,3	40,6	30,1	44,4	25,7	38,4	28,9	26,5
	30,1	28,9	33,0	32,1	30,4	31,7	34,4	31,2	31,2	34,7	33,2	37,3	30,6	41,5	29,0	40,7	27,3	48,4	28,6	39,5	30,0	33,2
III —IV	27,4	28,3	27,7	29,1	28,6	28,1	31,7	27,7	31,4	35,3	31,4	32,1	29,0	33,8	29,3	30,2	38,9	36,9	29,3	38,0	26,8	39,0
	26,7	27,7	30,6	31,9	30,6	31,0	32,2	30,7	31,0	32,5	31,4	29,4	31,8	34,5	32,9	31,8	31,5	32,8	31,0	35,3	26,7	32,0
IV —V	27,0	25,2	28,8	28,6	28,4	30,4	27,0	37,1	27,4	32,0	27,5	31,4	27,6	32,7	28,5	36,8	29,5	29,0	31,6	30,8	31,0	31,2
	26,2	23,5	27,7	28,7	28,3	28,0	27,3	31,8	28,5	33,3	29,3	31,7	30,1	28,3	28,1	29,1	28,2	29,1	23,0	26,7	21,9	22,5
V —VI	20,4	16,2	21,0	20,4	22,1	19,7	22,6	23,5	23,9	25,0	24,1	23,7	23,3	25,6	22,1	27,1	20,3	28,4	14,6	26,0	16,8	20,1
	7,6	17,0	11,0	13,5	16,3	9,4	18,7	19,2	20,2	11,0	16,9	16,8	18,0	19,3	19,5	19,3	15,4	21,9	18,2	18,2	4,0	10,2
VI —VII	10,6	14,0	14,4	21,4	16,4	20,1	17,9	19,2	16,3	17,2	18,1	17,4	18,4	17,8	18,5	26,6	15,4	25,6	20,7	26,5		
	6,5	5,7	3,1	8,4	0,5	5,8	2,8	7,1	2,7	4,7	5,3	8,8	2,3	15,3	3,7	10,5	2,8	4,0	7,3	5,7	3,2	0,6
VII—VIII	6,8	13,0	8,2	7,3	9,7	10,5	11,0	13,6	9,9	12,0	11,5	10,4										
	1,1	–0,2	–0,5	–2,6	–0,2	–5,2	–2,0	1,0	–0,2	–0,7	2,0	7,7	–0,9	3,7	–2,9	6,7	–2,0	3,1	–2,5	–2,9	11,1	–3,6

Die Puppe und die erste Entwicklung der Käfer

a) Morphologie der Puppe

Die Larven verpuppen sich, ohne einen besonderen Verpuppungsraum aufzusuchen. Bei der Verpuppung reißt die Dorsalnaht der letzten Larvenhaut vom Kopf bis zu den letzten zwei bis drei abdominalen Segmenten auf. Die Puppe verbleibt während der Puppenruhe in der Larvenexuvie, in der sie durch ihre dichte Behaarung verankert ist. Die Behaarung besteht aus gleich gestalteten Haaren. Sie laufen spitz zu, ein Kanal durchzieht sie, und ihre Oberfläche ist mit feinen abgespreizten Fortsätzen besetzt (s. Abb. 21).

Abb. 21. Phasenkontrastaufnahme eines Puppenhaares

Die längere, kaudad ausgerichtete Behaarung des Kopfes und des Prothorax ist zum Teil dachfirstartig gegenübergestellt. Die Behaarung der dorsal ansetzenden und nach ventral heruntergezogenen, dem Puppenkörper eng anliegenden Elytren wird von dorsal nach ventral immer schwächer und kürzer. Die ganze Ventralseite ist wesentlich schwächer behaart. Die übrigen Segmente tragen außer der starken Rückenbehaarung an den Körperseiten noch besondere zusammenstehende Haarbüschel, die durch ihren direkten Kontakt mit der alten Larvenhaut die Puppe in jener befestigen. Eine zusätzliche Verankerung erfährt die Puppe durch das zum Teil herausgetretene Begattungsorgan, das in den stark verjüngten abdominalen Teil der Larvenhaut hineingeschoben ist und mit der Larvenhaut verklebt. Während der Puppenruhe kommt es zuerst zu einer Anfärbung der Augen, und 24 bis 48 Stunden vor dem Abstreifen der Puppenhaut färben sich Fühler, Flügeldecken und Extremitäten schwach an.

b) Abhängigkeit der Puppenruhe von der Temperatur

Haben die Imagines ihre Puppenhaut abgestreift, verharren sie noch einige Zeit in der alten Larvenhaut. Während dieser Zeit färben sich die ursprünglich nahezu farblosen Käfer von grau, über hell- und dunkelbis schwarzbraun aus, ehe sie die Exuvie verlassen. Die letzte Larven-

haut hat nicht nur eine Schutzfunktion, sondern dient dem Käfer auch beim Schlüpfen aus der Puppenhaut als Widerlager. Käfer, deren Puppen aus der Exuvie entfernt worden waren, konnten ihre Puppenhaut nicht abstreifen und gingen ein. Die Dauer der Puppenruhe hängt stark von der herrschenden Temperatur ab. Die beigefügte erste Kurve (12 — Abb. 22) gibt die Zeit zwischen dem Beginn der Verpuppung und dem Abstreifen der Puppenhaut an. Bei sinkender Temperatur verlängert sich diese Zeit, während sie sich bei zunehmender Temperatur mehr und mehr verkürzt. Unmittelbar nach dem Schlüpfen sind die Käfer noch nicht begattungsfähig. Sie werden es erst, wenn die anschließende Ausfärbung fast abgeschlossen ist.

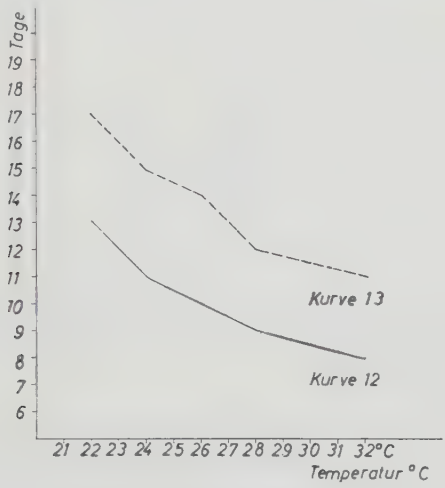

Abb. 22. Erklärungen siehe Text

Die zweite Kurve (13) gibt den Zeitraum an, der zwischen dem Beginn der Verpuppung und dem endgültigen Verlassen der Larvenhaut durch den völlig ausgefärbten Käfer verstreicht. Aus der Differenz dieser beiden Kurven läßt sich die Zeit ablesen, die die Imaginalstadien für ihre Ausfärbung benötigen.

Die angegebenen Durchschnittswerte der Kurve 13 können sich dadurch verschieben, daß die fertig ausgefärbten Käfer ohne ersichtlichen Grund noch länger in der Exuvie verbleiben und 2 bis 4 Tage später als normal die Exuvie verlassen. Ein statistisch erfaßbarer Unterschied zwischen den Geschlechtern in ihrer Entwicklungsgeschwindigkeit ließ sich nicht feststellen, obwohl Differenzen von 24 Stunden auftreten konnten. Grundsätzlich ist eine Entwicklung der Puppen zwischen 12° C und 32° C

möglich. Unterhalb und oberhalb dieser Werte gingen die Puppen ein. Bei 34° bis 35° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 30—40 % trockneten 75—80 % der Puppen ein, ohne die Puppenhülle abgestreift zu haben, während sich der Rest weiterentwickelte. Die Käfer konnten sich aber in keinem Falle vollständig von der ganz oder teilweise abgestreiften Puppenhaut befreien und blieben mit ihr verklebt in der Larvenhaut zurück und trockneten ein. Offenbar erhärtet in diesem Falle die Puppenhaut beim Abstreifen zu schnell, so daß der Käfer sich nicht vollständig von ihr befreien kann.

Temperatur	Zeitraum bis zum Abstreifen der Puppenhaut	Zeitraum bis zum Verlassen der Exuvie (larvalen)
12° C	48 Tage	61 Tage
22° C	13 Tage	17 Tage
24° C	11 Tage	15 Tage
26° C	10 Tage	14 Tage
28° C	9 Tage	12 Tage
30° C	8,5 Tage	11,5 Tage
32° C	8 Tage	11 Tage

Bei 12° C betrug die relative Luftfeuchtigkeit 80 %, und bei den übrigen Werten schwankte sie zwischen 35 und 45 %. Die Anzahl der untersuchten Puppen betrug bei 12° C 10 und bei den übrigen Temperaturbereichen 25 bis 30 Tiere.

Schon während des Ruhestadiums lassen sich die beiden Geschlechter durch die verschiedene Größe der Puppen voneinander isolieren. Bei den unten angegebenen Werten für die Puppengröße muß berücksichtigt werden, daß die Exuvien gemessen wurden, die nicht die wahre Größe der Puppen wiedergeben, da die Puppen das Kopf- und erste Thorakalsegment der Exuvie nicht ausfüllen.

	Durchschnittliche Länge	Durchschnittliche Breite
Weibliche Puppen	4,88 mm (3,90 bis 5,76 mm)	1,90 mm (1,80 bis 2,10 mm)
männliche Puppen	3,71 mm (3,00 bis 4,32 mm)	1,35 mm (1,20 bis 1,50 mm)

Die in den Klammern angegebenen Variationsbreiten zeigen, daß die größten männlichen Puppen die Größe der kleinsten weiblichen Puppen durchaus erreichen können, aber infolge ihrer geringeren Breite immer als männliche erkannt werden können.

Der Käfer

a) Abhängigkeit der Imaginaldauer der Käfer von verschiedenen Faktoren

Eine Beschreibung der Käfer findet sich bei Beal (1954), Korge in Horion (1960) und bei Döhring & Kemper (1963), so daß hier darauf verzichtet werden kann.

Die Dauer der Imaginalphase der Weibchen und Männchen hängt besonders stark von der Temperatur ab, die der Weibchen außerdem davon, ob sie Eier abgelegt haben, d. h. also, ob sie befruchtet oder unbefruchtet blieben. Darüber hinaus spielt auch noch der Zeitpunkt der Befruchtung für die Imaginaldauer eine Rolle. Die unbefruchteten, isoliert gehaltenen Weibchen und Männchen wurden verschiedenen Temperaturstufen zwischen 4° und 32° C ausgesetzt. In dem Temperaturbereich zwischen 4° und 15° C herrschte eine Luftfeuchtigkeit von 70—80 %, und in dem über 15° C schwankte sie zwischen 35 und 50 %. Das jeweilige Alter der Käfer läßt sich aus den beigefügten Kurven 14, 15 und 16 (Abb. 23) ablesen. Die in der Kurve 14 zusammengefaßten Werte für die Dauer der Imaginalphase der unbefruchteten Weibchen sind Durchschnittswerte, die bei den verschiedenen Temperaturen an jeweils mindestens 15 Weibchen errechnet wurden. Da die erhaltenen Durchschnittswerte nicht die breite Streuung der Dauer der Imaginalphase erkennen lassen, sollen sie in einer Übersicht extra angegeben werden.

Temperatur	Durchschnittswerte für die Dauer der weibl. Imaginalphase	Variationsbreite der Imaginalphase
4° C—7° C	181,5 Tage	150—205 Tage
12° C	113,7 Tage	65—126 Tage
19° C	50,8 Tage	41— 60 Tage
21° C	35 Tage	25— 40 Tage
24° C	30 Tage	28— 36 Tage
26° C	22 Tage	16— 27 Tage
30° C	21 Tage	10— 29 Tage
32° C	19 Tage	16— 21 Tage
35° C	13 Tage	10— 15 Tage

Je tiefer die Temperatur, um so länger dauert also das Imaginalstadium.

Das Lebensalter der Männchen, die keine Kopula durchgeführt hatten, unterschied sich kaum von dem der Männchen, die erfolgreiche Begattungen vollzogen hatten, so daß die beigefügte Kurve der Männchen mit Begattungen für beide Gruppen gilt. Die in Kurve 16 (Männchen mit

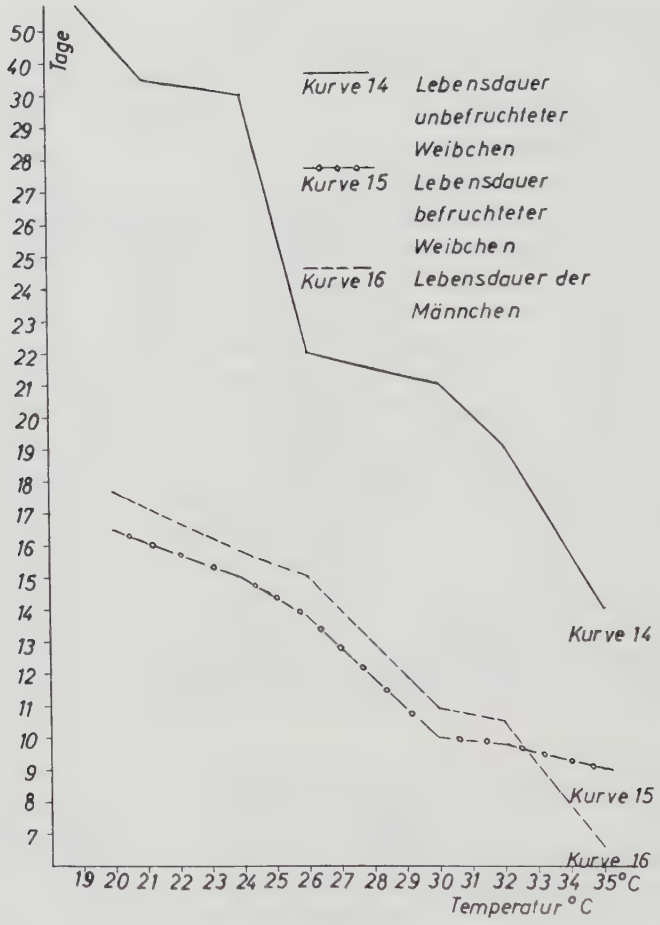

Abb. 23.

Begattung) und Kurve 15 (befruchtete Weibchen) angegebenen Durchschnittswerte schwanken ebenfalls, wie aus der anschließenden Übersicht abgelesen werden kann.

Diese Werte stimmen gut mit den von Wohlgemuth (1967) gefundenen Werten überein.

Vergleicht man Kurve 15 und 16, so betragen im unteren Temperaturbereich die Differenzen 2—3 Tage, während im oberen Temperaturbereich die Werte sich so stark nähern, daß die Differenzen nicht einmal mehr 1 Tag betragen können. Die Werte für die Kurve 15 wurden an

Temperatur	errechneter Durchschnittswert (für die Imaginalphase)	Variationsbreite der Imaginalphase
Kurve 16	Männchen, die Begattungen durchgeführt haben	
20° C	18,7 Tage	14—24 Tage
24° C	15,8 Tage	11—25 Tage
26° C	15 Tage	11—20 Tage
30° C	10,9 Tage	8—14 Tage
32° C	10,5 Tage	8—12 Tage
35° C	6,6 Tage	5— 8 Tage
Kurve 15	befruchtete Weibchen	
20° C	16,5 Tage	10—23 Tage
24° C	15 Tage	10—19 Tage
26° C	13,8 Tage	11—19 Tage
30° C	10 Tage	8—14 Tage
32° C	9,8 Tage	7—14 Tage
35° C	9 Tage	8—12 Tage

Weibchen gewonnen, die in den ersten drei Lebenstagen begattet wurden. Erfolgte die Befruchtung zu einem späteren Zeitpunkt, so verlängerte sich auch entsprechend das Imaginalstadium.

Als Beweis seien folgende Beispiele angeführt:

Temperatur	Alter der Weibchen b. d. Zusammensetzung	Imaginalphase	Dauer der Imaginalphase der normal befruchteten Weib. (Durchschn. Werte)
22° C	26 Tage	33 Tage	17 Tage
	31 Tage	38 Tage	17 Tage
	33 Tage	42 Tage	17 Tage
24° C	10 Tage	25 Tage	15 Tage
26° C	13 Tage	21 Tage	13,8 Tage
30° C	12 Tage	17 Tage	10 Tage

Je länger eine Begattung hinausgeschoben wurde, um so älter wurden die Weibchen, wobei die starke Temperaturabhängigkeit klar zutage tritt. Die Grenze der Befruchtungsfähigkeit ist schon näher untersucht worden. Weibchen, die nur die halbe Gelegestärke erreichten, da ihnen das Männchen nach der ersten Begattung entzogen wurde, konnten im Durchschnitt ein etwas höheres Alter erreichen als die mehrmals befruchteten Weibchen, die ihre volle Gelegestärke erreichten.

Temperatur	Alter der einmal befruchteten Weibchen	Alter der mehrmals befruchteten Weibchen
23,5° C	16,5 Tage (10—23 Tage)	15 Tage (9—19 Tage)

Die in Klammern angegebenen Werte geben die Streuung an. Wurden die Weibchen der ersten Gruppe nach der ersten Eiablage nochmals befruchtet, so konnte ihre Lebenserwartung dadurch ebenfalls erhöht werden.

Legte z. B. ein Weibchen am 3. Lebenstag 15 Eier, dann bis zum 14. Lebenstag keine, nach neuer Begattung am 14. Lebenstag 12 Eier am 16. Lebenstag, dann ging das Weibchen erst am 20. Lebenstag ein. Das Weibchen wurde bei 30° C gehalten. Dabei betrug das normale Alter durchschnittlich 15 Tage. Ob das Alter der Weibchen von der erreichten Eizahl abhängt, d. h. ob bei gleichbleibenden äußeren Bedingungen ein Weibchen mit höherer Eizahl eine kürzere Imaginaldauer hatte als ein Weibchen mit geringerer Eizahl, konnte statistisch nicht nachgewiesen werden.

Weibchen, die am ersten Lebenstag begattet wurden, erreichten bei 23,5° C (45 % relative Luftfeuchtigkeit) ein ungefähr gleiches Alter, obwohl sie unterschiedlich viele Eier abgelegt hatten:

Weibchen I	35 Eier	Alter 14 Tage
Weibchen II	54 Eier	Alter 16 Tage
Weibchen III	86 Eier	Alter 15 Tage
Weibchen IV	92 Eier	Alter 15 Tage

Bei 30° C und relativer Luftfeuchtigkeit von 35—40 %:

Weibchen I	44 Eier	Alter 9 Tage
Weibchen II	75 Eier	Alter 9 Tage
Weibchen III	85 Eier	Alter 10 Tage

b) Gewichtsverlust der Käfer im Laufe der Imaginalphase

Da eine Nahrungsaufnahme durch die Käfer nie beobachtet werden konnte, muß angenommen werden, daß diese ihren gesamten Energiebedarf aus dem im Abdomen gespeicherten Fettvorrat decken. Die frisch geschlüpften Käfer erkennt man äußerlich an dem prallen Hinterleib, den die Flügeldecken nicht vollständig bedecken können. Mit zunehmendem Alter wird der Fettkörper mehr und mehr abgebaut, so daß das Abdomen bei alten Käfern stark eingefallen erscheint. Diese Vorgänge lassen sich am besten durch Wägungen der Käfer verfolgen, die den Gewichtsverlust im Laufe des Imaginallebens sehr gut nachweisen. Größe und Gewicht der adulten Tiere lassen sich aus der folgenden Tabelle entnehmen:

Größe der Weibchen		Gewicht		
durchschn. Länge	durchschn. Breite	frisch geschlüpfter Weibchen	eingeg. Weibchen	Gewichtsabnahme %
3,12 mm (2,58—3,72 mm)	1,20—1,56 mm	3,3 mg (1,9—5,6 mg)	1,0 mg (0,7—1,7 mg)	70,5 % (60—81,8 %)
Für die Männchen lauten die Werte:				
2,46 mm (1,98—2,88 mm)	0,90—1,26 mm	1,1 mg (0,7—1,9 mg)	0,38 mg (0,3—0,5 mg)	66,2 % (56,2—72,7 %)

Die in Klammern angegebenen Zahlen stellen wieder die Extremwerte dar. Die Messung der Tiere erfolgte an toten Käfern. Wie die Übersicht zeigt, ist der Geschlechtsdimorphismus stark ausgeprägt. Aufgrund der großen Variationsbreite treten sowohl in der Größe als auch im Gewicht zwischen Weibchen und Männchen Überschneidungen auf, die aber als Ausnahmen anzusehen sind. Die endgültige Gewichtsabnahme im Laufe des Imaginallebens war bei den verschiedenen Temperaturen gleich groß, wenn auch die Abnahme verschieden schnell vor sich ging. Dabei spielte es keine Rolle, ob die Weibchen Eier abgelegt hatten oder nicht, bzw. ob die Männchen kopuliert hatten oder nicht. Da der Stoffwechsel bei höherer Temperatur viel schneller abläuft als bei niedrigeren Temperaturen, ist es verständlich, daß im ersten Fall die Fettreserven in viel kürzerer Zeit abgebaut sind als im zweiten und daß damit die Imaginalphase der Käfer bei höherer Temperatur kürzer sein muß als bei tieferer. Ebenso wird aus der Erörterung klar, daß die befruchteten Weibchen infolge der Eiablage ihre Reserven schneller abbauen müssen und eine geringere Lebenserwartung besitzen als die unbefruchteten, denen alle ihre Reservestoffe für ihren eigenen Betriebsstoffwechsel zur Verfügung stehen. Es wird ferner verständlich, daß die Weibchen, wie schon ausgeführt, nur bis zu einem bestimmten von der Temperatur abhängigen Zeitpunkt in der Lage sind, Eier abzulegen. Die eingelagerten Reservestoffe sind ja ursprünglich nicht so sehr für die Ernährung der Weibchen gedacht. Sie sollen vielmehr das Material für den Eivorrat bilden. Sind zwei Drittel der Reservestoffe eines Weibchens abgebaut, was in der Regel 3—4 Tage vor seinem Tod der Fall ist, so kann es keine Eier mehr ablegen.

Zur Wirksamkeit einiger Insektizide auf die Larven von *Trogoderma angustum* und *Anthrenus verbasci*

Untersucht wurde die Wirksamkeit der Wirkstoffe Carbaryl (techn. rein), DDT (chem. rein), Malathion (techn. rein), Diazinon (techn. rein), Lindan HCH (chem. rein) und Pyrethrum (Extrakt) bei einer Raumtemperatur von 21° bis

23° C auf *Tr. angustum*- und *Anthrenus verbasci*-Larven, die den Praktikern als recht widerstandsfähig gegen Kontaktinsektizide bekannt sind. (Die ersten drei Mittel stammen aus den Beständen des Bundesgesundheitsamtes. Die übrigen drei Wirkstoffe wurden mir freundlicherweise von der Firma Schering AG überlassen.) Von den angegebenen Wirkstoffen wurden jeweils 5 %ige, 3 %ige, 1 %ige und 0,5 %ige Lösungen hergestellt. Als Lösungsmittel diente Aceton. Jeweils 1 ml dieser Lösungen wurde auf Rundfilter mit einem Flächeninhalt F = 63,6 cm² als Unterlage aufgebracht. Die Rundfilter lagen in Petrischalen entsprechenden Durchmessers. Nachdem das Lösungsmittel verdunstet war, wurden die Versuchsschalen mit je 30 ungefähr gleichaltrigen Larven besetzt. Die Schalen blieben während des ganzen Versuchszeitraumes unbedeckt, da sonst die Toxicität der Atmungsgifte unnatürlich hoch gewesen wäre. Der Ablauf der Giftversuche wurde in Abständen von 5 Minuten (bei Pyrethrum), 15 oder 30 Minuten kontrolliert. Gewertet wurde die definitive Rückenlage der Larven. Im Zweifelsfalle wurden bewegungsunfähige Larven in die definitive Rückenlage gebracht, und es wurde dann festgestellt, ob sich die Tiere noch aus eigener Kraft in die Normallage bringen konnten.

Die aus den Versuchen ermittelten Abtötungszeiten dienten als Grundlage für die beiden graphischen Darstellungen (Abb. 24). Der auf der senkrechten Achse angegebene Wert log. T 50 gibt die Zeit an, in der 50 % der Larven in die definitive Rückenlage geraten sind. Der genaue Wert log. T 50 für die einzelnen Konzentrationen läßt sich durch Regressionskurven nach den viertel- bis halbstündlich berechneten Schädigungsprozenten ermitteln *(Döhring,* 1965).

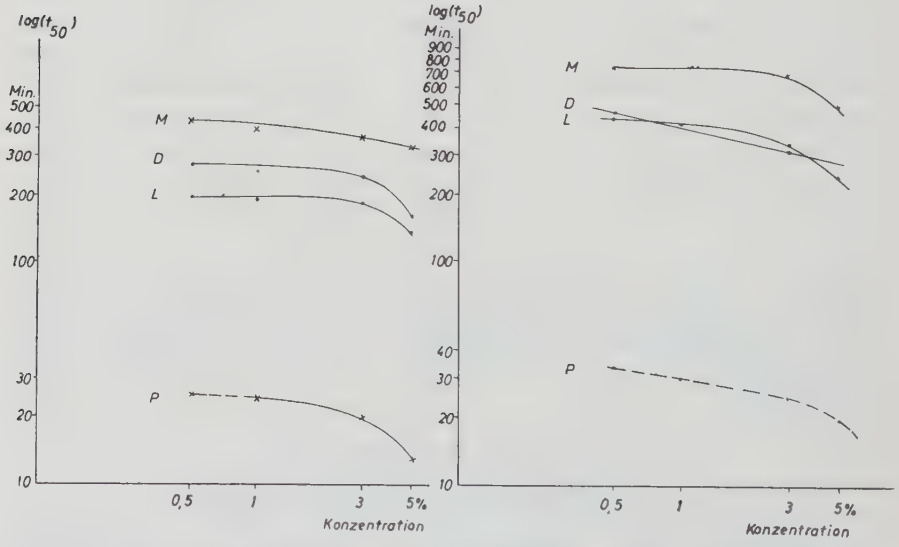

Abb. 24. Die linke graphische Darstellung gilt für die *Tr. angustum*-Larven und die rechte für die *Anthrenus* Verbasci-Larven

Nur die Wirkstoffe Malathion, Diazinon, Lindan und Pyrethrum erwiesen sich als wirksam, während Carbaryl (5 %) und DDT (5 %) nach 14tägiger Versuchsdauer noch keine Wirkung zeigten. Nach 24tägiger Einwirkungszeit waren durch Carbaryl 0 % und durch DDT 33 % der Tiere getötet worden. Bei den Mitteln Malathion, Diazinon und Lindan hatten alle Versuchstiere nach spätestens 30 Stunden die definitive Rükkenlage erreicht und gingen schließlich ein.

Die Vergiftungssymptome machten sich bei den Larven durch verstärkte fächelnde Bewegungen des Hinterleibes, Abspreizen der Pfeilhaarbüschel der letzten Abdominalsegmente, Aufstellen des Hinterleibes und Verkrampfung der Extremitäten bemerkbar. Bei dem Wirkstoff Diazinon war besonders die unnatürliche Ausdehnung der larvalen Intersegmentalhäute zwischen den Thorakal- und den letzten Abdominalsegmenten auffällig. Die durch Lindan getöten Larven zeigten einen stark aufgeblähten Hinterleib.

Die Auswertung der graphischen Darstellungen zeigt, daß auch bei *Tr. angustum* Pyrethrum der Wirkstoff mit der höchsten Wirkungsgeschwindigkeit ist, gefolgt von Lindan, Diazinon und Malathion. Eine Erhöhung der Konzentration von 0,5 % auf 1 % bzw. 3 % beschleunigt die Wirkungsgeschwindigkeit zwar noch, aber erst bei weiterer Konzentrationszunahme wird diese Zeit wesentlich verkürzt.

Die gestrichelten Linien bei Pyrethrum geben an, daß sich die Tiere in diesem Konzentrationsbereich zum überwiegenden Teil wieder aus ihrer definitiven Rückenlage erholen. Die *Tr. angustum*-Larven überstanden nur bei der Verwendung der 0,5 %igen Konzentration in 48 bis 72 Stunden die Wirkung des Giftes, während sich die *Anthrenus*-Larven in allen untersuchten Konzentrationsbereichen aus ihrer definitiven Rükkenlage befreien konnten und weiterlebten. Bei 0,5 %iger und 1 %iger Giftkonzentration überlebten 100 %, bei 3 %iger überlebten 80 % und bei 5 %iger Konzentration überlebten 70 % der *Anthrenus*-Tiere, wenn die Zeit bis zur endgültigen Erholung 3—7 Tage betragen konnte.

Die Wirkung der Insektizide auf adulte Tiere der beiden Arten wurde nur bei *Tr. angustum* geprüft. Schon die 0,5 %ige Konzentration der Mittel bewirkte innerhalb von 60—90 Minuten die definitive Rückenlage aller verwendeten Tiere, die sich bei keinem Wirkstoff wieder erholten. Die adulten Tiere sind also wesentlich empfindlicher als die Larven.

Aus dem Vergleich der Kurven und der Vergiftungssymptome der beiden Käferarten kann abschließend gesagt werden, daß die Mittel bei beiden Arten ähnlich wirken. Allerdings sind die *Trogoderma*-Larven empfindlicher und werden schneller abgetötet als die *Anthrenus*-Larven.

Für die Bekämpfung der Art *Tr. angustum* dürfte es daher ratsam sein, Pyrethrum, mit seiner hohen Wirkungsgeschwindigkeit, aber geringen Abtötungsquote, mit einem der übrigen Wirkstoffe mit längerer Einwirkungsdauer, aber 100 %iger Abtötungsquote, zu kombinieren.

Diskussion

Aus der Untersuchung der Biologie von *Tr. angustum* lassen sich eine Reihe von Gründen ableiten, warum sich diese Käferart als Wohnungsschädling in Berlin durchsetzen konnte und als solcher mit unverkennbar zunehmender Ausbreitung größere Bedeutung erlangen dürfte.

1. *Tr. angustum* kann sich bei Temperaturen zwischen 15° C und 32° C und bei relativen Feuchten, die zwischen 5 % und 80 % liegen dürfen, entwickeln. Der Schädling trifft in den zentralbeheizten Wohnungen durchschnittliche Zimmertemperaturen von über oder nur wenig unter 20° C an, die für eine Entwicklung während des ganzen Jahres günstig sind. Wenn man bedenkt, daß bei 24° C die kürzeste Entwicklungszeit bei ungefähr 65 Tagen liegt, so ist auch die Entwicklung mehrerer Generationen in einem Jahr durchaus denkbar.

2. Das weit gefaßte Nahrungsspektrum der Larven, das von eingegangenen Fliegen am Fenster über jede Art von tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln und eine ganze Reihe von Ersatznahrungen, z. B. Textilien, reicht, wird von ihnen wohl in jeder Wohnung angetroffen. Gerade die in vielen Haushalten aufbewahrten Lebensmittel, die wie Grieß, Nudeln, Hülsenfrüchte und Trockensuppen nur hin und wieder gebraucht werden, ermöglicht ihnen eine ungestörte und, wie die Untersuchung verschiedener Haushalte zeigte, jahrelange Entwicklung.

3. Ungünstige Temperatur- und Nahrungsbedingungen werden monatelang ohne Schaden überstanden. Das Überleben der Larven und Imagines in ungeheizten, selbst nicht immer frostfreien Räumen während der Wintermonate wäre gewährleistet. Während die Larven ohne Nahrung über ein Jahr lang und, haben sie Gelegenheit, eingegangene Artgenossen zu fressen, fast zwei Jahre lang leben und sich sogar verpuppen können, benötigen die Käfer im Laufe ihres Lebens keinerlei Nahrung. Sie dienen, eingegangen, vielfach den schlüpfenden Eilarven noch als erste Nahrung.

4. Die Verpuppung der Larven in relativ weit auseinanderliegenden Zeiträumen wirkt sich für die Erhaltung der Art ebenfalls günstig aus. Werden von den ersten geschlüpften Käfern für die Fortpflanzung ungünstige Bedingungen angetroffen, so verbleibt immer noch ein Restbestand an Larven, der sich zu einem späteren Zeitpunkt verpuppen und dann vielleicht günstigere Verhältnisse antreffen kann.

Der weit gefaßte Temperatur- und Feuchtebereich, in dem sich *Tr. angustum* entwickeln kann, sowie das große Nahrungsspektrum und das Überleben weit ungünstigerer Temperaturen lassen vermuten, daß sich die Art auch in seinem ursprünglichen Biotop in Chile mit ähnlichen extremen ökologischen Gegebenheiten auseinandersetzen muß. Untersucht man die beiden ersten von Solier (1849) angegebenen Fundorte Copiapo und das über 1 200 km entfernte Santa Rosa daraufhin, so wird die obige Vermutung bestätigt. Klimatisch gesehen gehört das nördlichere Copiapo der ariden subtropischen Wüstenzone mit gelegentlichen Strahlungsfrösten an, während das südlichere Santa Rosa in dem auch nicht ganz frostfreien Winterregengebiet liegt. Für das 50—60 km von Copiapo entfernte Caldera beträgt die mittlere Jahrestemperatur 15,9° C und der mittlere jährliche Niederschlag 14 mm. In dem 20—30 km südlich von Santa Rosa gelegenen Traiguen herrscht dagegen eine mittlere Jahrestemperatur von 12,2° C, und der mittlere jährliche Niederschlag erreicht 1 218 mm (nach H. Walter und H. Lieth, 1960).

Tr. angustum hat also schon in Chile tiefe, unter 0° C liegende Temperaturen und sowohl extrem trockene als auch extrem feuchte Bedingungen angetroffen. Die Frage nach dem natürlichen Biotop von *Tr. angustum* muß unbeantwortet bleiben, solange das Tier noch nicht in seiner natürlichen Umgebung gefunden worden ist. Sie muß wahrscheinlich ähnlich wie bei *Anthrenus* und *Attagenus* beantwortet werden.

Möglicherweise aber hat der Schädling schon in Chile seinen Biotop mehr und mehr auf geschlossene Räume verlegt. Das Vorkommen von *Tr. angustum* in aus Chile stammenden Insektensammlungen (Beal, 1954, und Mroczkowski, 1956) ist doch wohl nur so zu erklären, daß die Sammlungen wahrscheinlich schon in Chile von der Art befallen worden sind und mit ihnen nach Nordamerika und Europa gelangten. Diese Art der Einschleppung ist zumindest wahrscheinlich.

Dagegen kann kaum die Frage beantwortet werden, warum diese *Trogoderma*-Art sich bisher nur in Berlin und nicht auch in anderen Großstädten zum Wohnungsschädling entwickelt hat. Wenn man annimmt, daß *Tr. angustum* in die Wohnungen durch Lebensmittel eingeschleppt wird, so muß unbedingt auch der Befall der gelagerten Lebensmittelprodukte vorausgesetzt werden. In unseren größeren Vorratslagern reichen die angetroffenen ökologischen Bedingungen offenbar für eine Gradation nicht aus, sondern erst die in den Wohnungen herrschenden Verhältnisse würden zu einer raschen Vermehrung führen.

Die Belieferung der Haushalte mit Lebensmitteln aus eingelagerten Vorräten ist gerade in Berlin besonders häufig, da hier große Bestände aufgrund der besonderen Situation eingelagert, turnusmäßig ausgewechselt und billig auf den Markt gebracht werden. Vielleicht liegt hier der

Grund für die starke Ausbreitung dieser *Trogoderma*-Art während der letzten Jahre gerade in Berlin.

Zusammenfassung

1. Die geographische Herkunft und Ausbreitung des Käfers *Trogoderma angustum* (Solier) (Coleoptera: Dermestidae) werden unter besonderer Berücksichtigung der vom Verfasser untersuchten Berliner Fundorte beschrieben.

2. Der in Berlin als Wohnungsschädling auftretende Adventiv-Käfer breitet sich entweder passiv durch befallene Lebensmittel oder aktiv durch die flugfähigen Käfer aus.

3. Die Ablage der 0,48 bis 0,96 mm langen und 0,18—0,24 mm breiten Eier wurde zu jeder Tages- und Nachtstunde nachgewiesen.

4. Es wurden abnorme Eiformen und Doppeleier näher untersucht.

5. Bei rund der Hälfte aller untersuchten Weibchen stieg die Legeaktivität in den Nachtstunden deutlich an.

6. In 50 % aller Fälle begann die Eiablage 24—48 Stunden nach der Zusammensetzung der Imagines.

7. Über die Hälfte der Eier wurde in den ersten beiden Tagen der Legeperiode abgelegt. Nach einem Ruhetag wurden meist in den folgenden 2—3 Tagen die restlichen Eier abgelegt. Über mögliche Abweichungen wird berichtet.

8. Die Weibchen erreichen die maximale Gelegestärke nur nach mehrmaliger Begattung. Die einmal begatteten Weibchen legten bei einer Temperatur, die zwischen 22° C und 26° C schwankte, durchschnittlich 26,5 Eier mit einer Eimortalität von 53,7 % ab, während die mehrmals begatteten Weibchen durchschnittlich 61,3 Eier mit einer wesentlich niedrigeren Mortalität von 21 % ablegten.

9. Die Eiablage ist zwischen 12° C und 36° C möglich.

10. Die Gelegestärke schwankt, je nach den Versuchsbedingungen zwischen 3 und 98 Eiern mit einem Maximum bei 26° C.

11. Gelegestärke und Eimortalität hängen von dem Alter der Weibchen und der Temperatur ab.

12. Die Entwicklungszeit der Eier schwankt je nach der herrschenden Temperatur zwischen 22,5 Tagen bei 19° C und 8,5 Tagen bei 32° C.

13. In der Morphologie der charakteristisch behaarten Larven wird zwischen Lateral-, Dorsalhaaren I. Ordnung und II. Ordnung und Pfeilhaaren unterschieden.

14. Nach der Verteilung und Zahl dieser 3 Haartypen lassen sich die ersten acht Larvenstadien auseinanderhalten

15. Die Larvenentwicklung wird durch exogene Faktoren (Temperatur und Ernährung) und erblich fixierte Faktoren (z. B. Geschlecht) bestimmt.

16. Die Entwicklung der Larven ist zwischen 15° C und 32° C möglich.

17. In jedem Temperaturbereich ist zwischen einer kürzesten und einer längsten Entwicklungszeit zu unterscheiden, die z. B. bei 24° C 65 und 710 Tage und bei 28° C 45 und 430 Tage betragen kann.

18. Überliegende Larven, die z. B. bei 28° C ein Alter bis zu 1420 Tagen erreichen können, konnten in jedem Temperaturbereich nachgewiesen werden. Sie gehen ohne Verpuppung ein.

19. Erwachsene Larven sind ohne Nahrung je nach der Temperatur 120 bis 421 Tage lebensfähig. Sie können sich sogar während dieser Zeit verpuppen.

20. Eine Temperatur von minus 10° C wurde von einem Teil der Larven mindestens 5 bis 6 Stunden überstanden.

21. Die Larven weisen inkonstante Häutungszahlen auf, die je nach den Versuchsbedingungen zwischen drei und achtundzwanzig liegen können.

22. Die Zahl der Häutungen hängt im einzelnen von Geschlecht, Entwicklungsdauer, Temperatur und Nahrung ab.

23. Die Häutungsintervalle werden durch die Art der Nahrung und die Entwicklungsdauer bestimmt. Der Abstand zwischen zwei Häutungen betrug bei tierischer Ernährung (Fliegen) vom ersten bis vierten 7,4 bis 13,3 Tage, vom fünften bis sechsten 19,3 bis 24,2 Tage, vom siebenten bis dreizehnten 27,8 bis 36,9 Tage und vom vierzehnten bis siebzehnten Larvenstadium 47,8 bis 75,4 Tage und bei pflanzlicher Ernährung (Weizen) vom ersten bis vierten 11 bis 14 Tage (das fünfte Stadium 22,1 Tg.), vom sechsten bis elften 40,2 bis 54,3 Tage und vom zwölften bis vierzehnten Larvenstadium 81 bis 103,7 Tage. Nach Ablage der oben angegebenen Häute verkürzen sich die Häutungsintervalle bei beiden Gruppen auf 26 bis 32 Tage.

24. Die männlichen Larven erreichen nach der siebenten bis achten und die weiblichen Larven nach der achten bis zehnten Häutung ihren Wachstumshöhepunkt. Die Größenzunahme ist bis einschließlich fünften Larvenstadium am größten. Sie nimmt bis zum Wachstumshöhepunkt ab. In den folgenden Larvenstadien stagniert die Größe und nimmt schließlich auch ab.

25. Die gesamte Larvenzeit von Tr. angustum wird in eine Hauptentwicklungsphase, eine Reifephase und eine Alterungsphase eingeteilt.

26. Die Dauer des Puppenstadiums liegt zwischen 61 Tagen bei 12° C und 11 Tagen bei 32° C.

27. Der Geschlechtsdimorphismus der Imagines läßt sich schon bei den Puppen feststellen. Die durchschnittliche Länge und Breite der weiblichen Puppen beträgt 4,88 mm (= Länge) und 1,90 mm (= Breite), die der männlichen Puppen 3,71 mm (= Länge) und 1,35 mm (= Breite).

28. Die Lebenserwartung unbefruchteter Weibchen liegt zwischen 181,5 Tagen bei 4°—7° C und 13 Tagen bei 35° C, die der befruchteten Weibchen zwischen 16,5 Tagen bei 20,5° C und 9 Tagen bei 35° C.

29. Das Alter der Männchen beträgt, unabhängig davon, ob sie Begattungen durchgeführt haben oder nicht, bei 20° C 18,7 Tage und bei 35° C 6,6 Tage.

30. Der Gesamtnährstoffbedarf der Imagines wird durch Abbau des vorhandenen Fettkörpers gedeckt.

31. Die durchschnittlich 3,12 mm langen und 1,20—1,56 mm breiten Weibchen erreichten im Durchschnitt ein Gewicht von 3,3 mg. Sie verloren im Laufe ihrer Imaginaldauer 70,5 % ihres Gewichtes. Die 2,46 mm langen und 0,90—1,26 mm breiten Männchen wogen dagegen im Durchschnitt anfangs 1,1 mg und verloren 66,2 % ihres Gewichtes.

32. Für eine Bekämpfung mit Insektiziden erwiesen sich die Grundstoffe Pyrethrum, Lindan, Diazinon und Malathion als wirksam.

Summary

The geographical origin and spreading of the beetle Trogoderma angustum (Sol.) (Coleoptera: Dermestidae) are described under the special consideration of the Berlin source of discovery, studied by the author. The „Adventive-beetle" appearing in Berlin as parasite in houses and flats spreads out either passively by means of stroken victuals or actively by the flying beetles. Deposited eggs (length: 0,48—0,96 mm and height: 0,18—0,24 mm) were detected at any time, day and night. Special studies were made with abnormal forms of eggs and double eggs. About one half of the studied females showed an increase of oviposition activity during night hours. In 50 %, oviposition began 24—48 hours after the composition of the imagines. More than the half of the eggs was deposited during the first 2 days of an oviposition period. The rest of the eggs was deposited after one day of repose during the following 2 or 3 days. Females had their oviposition records only after several copulations. Females with one copulation laid 26,5 eggs with a mortality of 53,7 % at a temperature between 22° and 26° C., whereas the females, fertilized more than one time, had an average of 61,3 eggs with a mortality of 21 %. Oviposition was possible between 12° und 36° C. The number of eggs differed according to the conditions between 3 and 98 with a maximum at 26° C. The number of eggs and their mortality depended on the fermale's age and on temperature. The duration of the eggs differed (according to temperature) between 22,5 days (19° C) and 8,5 days (32° C). In morphology, the hairs of larvae are divided into lateral hairs, dorsal hairs and spear-headed setae. According to the distribution and number of these 3 types of hairs, we can distinguish the first eight larval stages. Larval development is conditioned by exogenous factors (temperature or food) and by factors fixed hereditarily (e. g. sex). Duration of

pupal stage is between 61 days (12° C.) and 11 days (32° C.). The dimorphismus of sexes of the imagines can be found even in the pupae. Mean lengths and heights of female pupae are 4,33 mm (long) and 1,50 mm (high), of male pupae 3,71 mm (long) and 1,35 mm (high). Length of life of vergin females is between 181,5 days (4—7° C.) and 13 days (35° C.): length of life of fertilized females between 16,5 days (20,5° C.) and 9 days (35° C.). The mean length of life of mated or unmated males is 18,7 days (20° C.) and 6,6 days (35° C.). The total need of food of the imagines is covered by decomposing its fatty constituents. The females with a mean length of 3,12 mm and a mean height of 1,20—1,56 mm reached in the beginning a mean weight of 3,3 mg. During their imaginal period, they lost 70,5 % of their weight. The males (mean length 2,46 mm and mean height 0,90—1,26 mm) had in the beginning 1,1 mg, but lost 66,2 %. A control with insecticides was effective on the base of Pyrethrum, Lindan, Diazinon and Malathion.

Literaturnachweis

Beal, R. S. (1954): Biology and taxonomy of the neartic species of Trogoderma. — Univ. Calif. Publ. Ent. 10, 35—102.

Beal, R. S. jr. (1960): Descriptions, biology, and notes on the identification of some Trogoderma larvae. — Tech. Bull. U. S. Dep. Agric. 1228, 265.

Döhring, E. (1965): Zur schabentötenden Wirksamkeit von Phosphorsäureestern und Carbamaten in Sprühmitteln. — Z. angew. Zool. 52, 2, 145—172.

Frey, W. (1966): Über das Auftreten von Trogoderma glabrum (Herbst) als Vorratsschädling in Deutschland und das Vorkommen anderer schädlicher Trogoderma-Arten. — Anz. Schädlingskde. 39, 12, 177—183.

Herfs, A. (1936): Ökologisch-physiologische Studien an Anthrenus fasciatus (Herbst). — Zoologica 34, 90.

Horion, Ad. (1960): Koleopterologische Neumeldungen für Deutschland. IV. Reihe, 7. Nachr. zum Verzeichnis der Mitteleuropäischen Käfer. — Mitt. Münch. Ent. Ges. 50, 141—142.

Kemper, H. und E. Döhring (1963): Trogoderma angustum Sol. als Wohnungsschädling. — Anz. Schädlingskde. 36, 2, 26—30.

Kleine, R. (1940): Übersicht über die in Pommern gefundenen Käfer, die im Verzeichnis von Albert Lüllwitz nicht enthalten sind. — Dohrniana, Stettin, 19, 3—28.

Korge, H. (1957): Beiträge zur Koleopterenfauna der Mark Brandenburg. — Mitt. Dt. Ent. Ges. 16, 40—45.

— (1958): Beiträge zur Koleopterenfauna der Mark Brandenburg. — Mitt. Dt. Ent. Ges. 17, 98—104.

— (1961): Beiträge zur Koleopterenfauna der Mark Brandenburg. — Mitt. Dt. Ent. Ges. 20, 21—27.

— (1962): Beiträge zur Koleopterenfauna der Mark Brandenburg. — Mitt. Dt. Ent. Ges. 21, 73—83.

Korschefsky, R. (1944): Bestimmungstabelle der bekanntesten deutschen Dermestidenlarven. — Arb. phys. Ent. 11, 140—152.

Kreyenberg, J. (1929): Experimentell-biologische Untersuchungen über Dermestes Lardarius L. und Dermestes vulpinus F. — Z. angew. Ent. 14, 141—185.

Kunike, G. (1942): Käferlarven mit Flügelansätzen. — Arb. morph. tax. Ent. 9, 1—4.

Madel, W. (1940): Zur Kenntnis der Biologie einiger Dermestes-Arten. — Ent. Bl. 36, 145—148.

Mroczkowski, M. (1956): Trogoderma angustum Sol. w. Europie. Pol. Pismo Ent. Wroclaw, 24, 1, 29—31.

— (1960): Trogoderma angustum Sol. in Deutschland. — Mitt. Dt. Ent. Ges. 19, 95—96.

Neresheimer, J. und H. Wagner (1942): Beiträge zur Coleopterenfauna der Mark Brandenburg. — Ent. Bl. 19, 38, S. 159.

Schmidt, G. (1960): Pseudomegatoma boliviensis Pic. (1915) in Berlin. — Ent. Bl. 56, 131—132.

Solier, A. J. (1849): Orden III. Coleopteros. In GaY, Cl. Historia fiscia y politica de Chile segun documentos adquiridos en esta republica durante doce anos de residentia en ella y publicada bajo los auspicios del supremo gobierno. Zoologia, tomo cuarto, Paris und Chile, 105—508.

Titschack, E. (1926): Untersuchungen über das Wachstum, den Nahrungsverbrauch und die Eierzeugung II Teneola biselliella Hum. — Z. wiss. Zool. 28, 3, 509—569.

Voelkel, H. (1925): Zur Biologie und Bekämpfung des Khaprakäfers, Trogoderma granarium Everts. — Arb. biol. Reichsanst. 13, 129—171.

Walter, H. und H. Lieth (1960): Klimadiagramm im Weltatlas. — G. Fischer-Verlag, Jena.

Wegelius, A. (1965): Trogoderma angustum Sol. funnen in Finnland. — Notulae entomologicae 45, 156.

Weidner, H. (1965): Die Bedeutung der Schädlinge in Lebensmittelimporten für die Lagerhaltung im Binnenland. — Z. angew. Zool. 52, 491—505.

Wohlgemuth, R. (1967): Über die Ei- und Larvenentwicklung von Trogoderma angustum Sol. — Anz. Schädlingskde. 40, 6, 83—91.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Eckhard Philipp
1 Berlin 30, Fürther Straße 8

Lebenslauf

Am 26. 9. 1937 wurde ich, Eckhard Philipp, als Sohn des Militärbeamten Max Philipp und seiner Ehefrau Luise Philipp, geb. Rasem, in Königsberg/Ostpreußen geboren. Durch die Kriegseinflüsse wurde unsere Familie 1945 nach Berlin verschlagen. Hier besuchte ich bis zur 7. Klasse die Volksschule. Anschließend wurde ich Schüler des mathematisch-naturwissenschaftlichen Zuges der Robert-Koch-Schule, wo ich im Frühjahr 1957 die Reifeprüfung bestand.

Im Sommersemester 1957 begann ich an der Freien Universität Berlin das Studium der Zoologie. Meine Lehrer waren für das Fach Zoologie Prof. Dr. Ulrich, Prof. Dr. Herter, Prof. Dr. Günther, Prof. Dr. Kemper und Prof. Dr. Urich, für das Fach Genetik Prof. Dr. Lüers und für das Fach Botanik Prof. Dr. Thielke, Prof. Dr. Drawert, Prof. Dr. Eckardt und Dr. Schulze. Chemische Vorlesungen hörte ich bei Prof. Dr. Lautsch, Prof. Dr. Jahr, Prof. Dr. Manecke, physikalische Chemie und Physik bei Prof. Dr. Überreiter und Prof. Dr. Lassen, Mathematik bei Prof. Dr. Überreiter und Prof. Dr. Vetter. Vorlesungen in Geographie hörte ich bei Prof. Dr. Dr. Schultze, Prof. Dr. Jensch, Prof. Dr. Fels und Prof. Dr. Valentin, pädagogische und philosophische Vorlesungen bei Prof. Dr. Müller, Prof. Dr. Kanthack und Prof. Dr. Weischedel.

Im Juli 1962 bestand ich das Staatsexamen in den Fächern Zoologie, Botanik, Chemie, Geographie, Erziehungswissenschaft und Philosophie.

Im Sommer 1962 überließ mir Prof. Dr. Kemper das Thema für meine Dissertation. Meine Arbeit entstand im Institut für Wasser-Boden-Lufthygiene (Bundesgesundheitsamt) in der Abteilung Prof. Dr. Kempers.

Die im Oktober 1962 begonnene Studienreferendarausbildung beendete ich im Juni 1964 mit der Zweiten Staatsprüfung. Seit dem 1. Juli 1966 bin ich als Studienrat am Askanischen Gymnasium in Berlin-Tempelhof tätig.

Berlin, den 20. September 1967